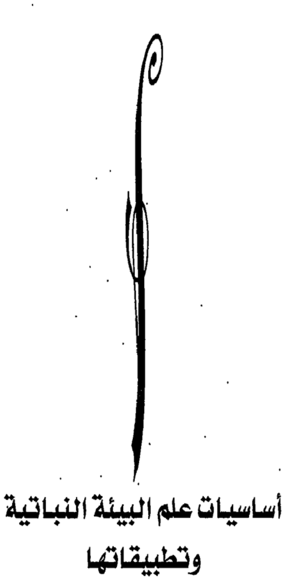


أساسيات علم البيئة النباتية وتطبيقاتها

الدكتور
محمود عبد القوي زهران





أساسيات علم البيئة النباتية وتطبيقاتها

بطاقة فهرسة

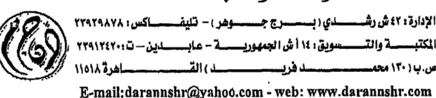
فهرسة أثناء النشر إعداد الهيئة العامة لدار الكتب والوثائق القومية

إدارة الشئون الفنية

مصطفى، عزة جلال
مرجع في الإدارة التربوية / عزة جلال مصطفى.
- ط١- القاهرة: دار النشر للجامعات، ٢٠١٢.
٢٤٠ص؛ ٢٤سم.
تدمك: ١ ٤٢٠ ٣١٦ ٩٧٧ ٩٧٨
١- الإدارة التعليمية
٢- المدارس – تنظيم وإدارة
أ- العنوان ٣٧١,٢

* تاريخ الإصدار: ١٤٣٤هـ-٢٠١٣م
* الناشر: دار النشر للجامعات – مصر

* رقم الإيداع: ١٦٢٣٧/٢٠١٢م
* الترقيم الدولي: ISBN: 978 - 977 - 316 - 394 – 420 - 1
* الكود: ٢٣٩/٢



E-mail:darannshr@yahoo.com - web: www.darannshr.com

أساسيات
علم البيئة النباتية
وتطبيقاتها

الدكتور

محمود عبد القوي زهران

أستاذ البيئة النباتية – قسم النبات

كلية العلوم – جامعة المنصورة


بسم الله الرحمن الرحيم

الإهداء

إلى أستاذي الفاضل

د. محمد عبد الفتاح القصاص

وطلبتي وطالباتي

أسرتي

أهدي هذا الكتاب المتواضع

د. محمود زهران

مقدمة

ذكر الأستاذ الدكتور/ محمد عبد الفتاح القصاص – أحد رواد علم البيئة النباتية في مصر والعالم العربي – أن العلم هو التعرف على القوانين العامة التي تتضمنها العلاقات بين مجموعات الحقائق أو الظواهر، وقد أصبح العلم ثروة إنسانية ذات وجهين؛ أحدهما: مجموعة من المعارف، والآخر: هو منهج التوصل إلى تلك المعارف وإدراك مغزاها. ويتضمن المنهج العلمي مراحل دراسية متتابعة، أولها تجميع المشاهدات أو البيانات وهي الحقائق . والثانية تتناول هذه الحقائق بالتحليل والفحص والمقارنة، والثالثة تعمل على استنباط المدلولات في صورة فروض ونظريات تعلل هذه الحقائق . وتقوم الدراسة العلمية على الموضوعية الصرفة في مرحلة تجميع المشاهدات وتحليلها، وفي مرحلة مراجعة النظريات واختبارها. إذن فالعمل العلمي يقوم في أغلب مراحله على أساس الدراسة الموضوعية، وهو بذلك يكون العامل المؤثر على الحياة الإنسانية؛ لأنه الأساس الذي يبنى عليه التطور التكنولوجي، ومن ثم التغيير الاجتماعي بما يتيح من وسائل جديدة للتحكم في عوامل البيئة وأوجه النشاط الإنتاجي، فالعلم إذن عامل فعال في تطوير وسائل الإنتاج الزراعي والصناعي بما يطوع للإنسان من قوى جديدة وموارد جديدة، وبما ينتج من تطبيقاته، وبما يهدي إلى أنجح الوسائل وتجنب الأخطاء التكنولوجية.

استعمل مصطلح الإيكولوجي Ecology لأول مرة بواسطة العالم الألماني هيكيل عام ١٨٦٦ على أنه أحد علوم الحياة المهتمة بدراسة العلاقات المتبادلة بين الكائنات الحية والعوامل البيئية المحيطة بهذه الكائنات، ومن ثم فإن دراسة علم الإيكولوجي هي أساسًا دراسات حقلية، ودور المعمل هو توضيح بعض الحقائق التي يصعب الحصول عليها من المشاهدات والتحليلات الحقلية، ولذا فإن علم الإيكولوجي Ecology يعتبر المفتاح العلمي الذي يساعد بدرجة كبيرة لإيجاد الحلول العملية للعديد من المشكلات البيئية

التي تواجه البشرية حاليا مثل: الجفاف- والتصحر- والتلوث.. إلخ، ولذا فإن هذا العلم يمكن أن يلعب دورا مهمًّا في تنمية البيئة في كل بلدان العالم؛ خاصة والبيئة هي مصدر عناصر الثروة، وهي المخزن العظيم الذي ينهل منه الإنسان ويجد فيه مصادر الإنتاج، والبيئة كذلك هي الإطار الذي يعيش فيه الإنسان، فهي الهواء والماء والأرض، وهي النبات والحيوان والبترول والمعادن. ولكل ذلك أصبحت الدراسات الإيكولوجية من الدراسات التي تجذب اهتمام الطلاب في كل أنحاء العالم.

وفي هذا الكتاب المتواضع يقدم المؤلف المبادئ الأساسية لأحد فروع علم الإيكولوجي . وهو علم البيئة النباتية التي لا غنى عنها للطالب الجامعي؛ ليتمكن بعدها من التخصص الدقيق في أحد المجالات العلمية البيئية التي يراها مناسبة له.

لم يخلق الله سبحانه وتعالى النباتات عبثا؛ بل لخدمة البشرية، وقد استطاع الإنسان منذ قديم الزمان بفطرته وذكائه الاستدلال على أهمية عدد كبير من النباتات، بعد أن مر بمراحل تاريخية متطورة متعاقبة، بداية بمراحل الجمع- أي: جمع طعامه من ثمار النباتات وأوراقها ودرناتها، وكذلك بما كان يجمعه من قلف الأشجار وأوراقها- ثم بمرحلة الصيد والقنص، ثم بمرحلة استئناس الحيوانات والرعي، وأخيرا بمرحلة استئناس النباتات وزراعتها، ثم استقراره في مناطق الزراعة.

هكذا نرى أن الإنسان استطاع أن يطوع ويطور هذه النباتات المستأنسة Domesticated Plants بعد أن كانت برية لتصبح زراعية، وبالطبع فإنه (أي الإنسان) قبل أن يزرعها تعرف على العوامل البيئية وخاصة المناخ والتربة، التي تصلح فيها زراعة كل من هذه النباتات، وبناء عليه فإننا نرى أن هناك محاصيل وأشجار فاكهة وخضروات تزرع في مناطق حارة وأخرى في مناطق باردة، وهذا بالطبع بعد أن تعرف الإنسان بفطرته على أهمية هذه النباتات لمعيشته، وكذلك تعرف على العوامل البيئية المناسبة لزراعتها.

وبذلك يمكن أن نرى أهمية دراسة علم البيئة النباتية الأساسية Plant Ecology

وعلم البيئة النباتية التطبيقية Applied Plant Ecology، وإننا الآن في هذا الكتاب بصدد دراسة علم البيئة النباتية التطبيقية، حيث ستعرض مجاميع النباتات البرية تبعًا لاحتياجاتها المائية والبيئات المناسبة لنموها وتكاثرها، وعلاقة ذلك بالمناخ السائد في صحارينا العربية، وهو المناخ الجاف Arid Climate. وهذه المعلومات تمثل الأساس العلمي السليم الذي سيبنى عليه الجزء الثاني من الكتاب، الذي سيتضمن دراسة كيفية استغلال النباتات التي تستطيع النمو تحت عوامل متطرفة، وسيقدم أمثلة لبعض النباتات التي نجحت تجارب استزراعها تحت عوامل المناخ الجاف والملوحة، ومن ثم يمكن اقتراح إدخال زراعتها في الصحاري العربية الساحلية والداخلية (كمحاصيل غير تقليدية Non-Conventional Crops) وبهذا سيتحقق الدور المهم الذي يمكن أن يلعبه علم البيئة النباتية التطبيقية في تنمية البيئة الصحراوية بالعالم العربي.

ويقدم الكتاب في الجزء الثالث نبذة مختصرة عن تلوث البيئة، وهو الموضوع الحيوي الذي يشغل بال العلماء والسياسيين في جميع أنحاء العالم؛ بعد أن أصبحت مشكلة تلوث البيئة بعناصرها الثلاث - (الهواء - الماء - التربة) - الشغل الشاغل لعدد كبير من الدول؛ حيث يقاس مدى تقدم الدولة بمدى حرصها على أن تكون بيئاتها نظيفة خالية من التلوث بأنواعه الثلاث: الفيزيقي، والكيميائي، والبيولوجي.

والله ولي التوفيق...

المؤلف

دكتور / محمود عبد القوي زهران

أستاذ البيئة النباتية

القسم الأول

مبادئ علم البيئة النباتية

ECOLOGY

الفصل الأول

علم البيئة

Ecology

١/١ نبذة عامة عن علم البيئة General Remarks :

لا يوجد كائن حي (نبات – حيوان – إنسان)- يستطيع أنْ يعيش في عزلة تامة، ولكن كل هذه الكائنات تعتمد على بعضها البعض بدرجات متفاوتة، فأي حيوان مثلا يعتمد أساسا على النباتات التي تمده بالغذاء والأكسجين للتنفس، وبالرغم من أن النباتات تقوم بتخليق غذائها بواسطة عملية التمثيل الضوئي- فإنها تحصل على غاز ثاني أكسيد الكربون من نواتج أنشطة الحيوان والإنسان، وهذا الغاز يدخل أساسا في عملية البناء الضوئي في النبات، وكذا فإن كثيرا من النباتات تعتمد على الحيوان والإنسان والحشرات في عمليات التلقيح والانتشار.. إلخ بالإضافة إلى أن النباتات تعتمد على أنشطة الكائنات الدقيقة (بكتريا – فطريات- طحالب)، التي تقوم بتحليل المواد العضوية المعقدة بالتربة وتحويلها إلى معادن قابلة للامتصاص بواسطة النبات. أما الإنسان فإنه يستطيع أن يستفيد من كل من النباتات والحيوانات في مأكله وملبسه، وكذا يمكنه أن يطوع هذه الكائنات لخدمته بطرق عملية، وربما يغير من طرق معيشتها، ودراسة العلاقات ما بين تلك الكائنات الحية والوسط البيئي التي تعيش فيه يدخل في إطار علم البيئة.

وخلاصة أعلاه فإنه يمكن تعريف علم البيئة كما يلي:

هو العلم الذي يبحث في إيجاد العلاقة ما بين الكائن الحي (نبات- حيوان- إنسان- كائن دقيق).والوسط البيئي الذي يعيش فيه هذا الكائن، ومدى تأثير الوسط البيئي على الكائن، ومدى تأثير الكائن على الوسط البيئي.

والترجمة الإنجليزية لعلم البيئة هي مصطلح: Ecology، وهذا المصطلح يمكن تقسيمه إلى جزأين: الجزء الأول Eco، معناه باللغة اليونانية القديمة Oikos أي: «بيت»

أو «منزل» أو «وسط المعيشة» أو «الوسط البيئي»، ويترجم بـ : Environment، والجزء الثاني Logy، معناه باللغة اليونانية القديمة Logos ، أي: «علـم» أو «دراسـة» ويـترجم بـ: Study of.

وعلم البيئة Ecology لابد له وأن يقوم بدراسة كائن أو «كائنات» حيـة، وتـأثر هـذا الكائن «أو تلك الكائنات» بالوسط البيئي ، وتأثير الوسط البيئي على هذا الكائن الحي أو تلك الكائنات الحية، ومن ثم فإن علم البيئة يشتمل على:

١- علم البيئة النباتية **Plant Ecology**

٢- علم البيئة الحيوانية **Aninal Ecology**

٣- علم البيئة الإنسانية **Human Ecology**

٤- علم بيئة الكائنات الدقيقة **Microbial Ecology**

وسوف نتناول في دراستنا علم البيئة النباتية.

٢/١ علم البيئة النباتية Plant Ecology :

تعريفه:

علم البيئة النباتية هو العلـم الـذي يختص بدراسـة النبـات(أو النباتـات) في موطنه أومواطنها وإيجاد العلاقة ما بين هذا النبات أو هذه النباتـات والوسـط البيئـي، والتـأثير المتبادل بينهما، أي: مدى تأثير النبات (أو النباتـات) عـلى الوسـط البيئـي، ومـدى تـأثير الوسط البيئي على النبات (أو النباتات).

تنقسم دراسة علم البيئة النباتية إلى ما يلي:

١/٢/١ البيئة النباتية الذاتية Autecology

وتعنى بدراسة نبات بذاته؛ لمعرفة أحوال معيشته في بيئته الطبيعية، والتأثير المتبادل بين النبات وعوامل الوسط البيئي، وكيفية استجابته لها وتفاعلها معها.

٢/٢/١ البيئة النباتية الاجتماعية Synecology (Phytosociology)

ويتناول دراسة المجتمعات النباتية Plant Communities بأقسامها المختلفـة؛ لمعرفـة تركيبها ونشأتها والعوامل التي تتحكم في توزيعها واستجابتها لعوامل البيئة.

٣/١ علاقة علم البيئة النباتية بفروع العلم المختلفة

Plant Ecology and Other Sciences

لا يمكن اعتبار علم البيئة النباتية فرعا مستقلا من فروع علم النبات؛ لأنه وثيق الصلة بجميع فروع ذلك العلم بل وغيره من العلوم أيضا، وإنما هو في الحقيقة تجميع لمختلف فروع المعرفة التي يمكن أن تلقي ضوءًا على أحوال النباتات وتجمعاتها الطبيعية، وتسخير هذه العلوم لاجتلاء غوامض العوامل التي تكتنف حياة هذه النباتات وتجمعاتها. وأول ما تعتمد عليه الدراسات البيئية من فروع علم النبات (النبات التقسيمي Plant Taxonomy)؛ وذلك لأنه السبيل الوحيد للتعرف على مختلف النباتات التي تستوطن البيئة التي يراد دراستها. وبديهي أن معرفة أسماء النباتات والعائلات التي تنتمي إليها هي أولى خطوات هذه الدراسة، يأتي بعد ذلك دور التعرف على ما للبيئة من أثر في شكل النبات وتركيبه، الأمر الذي يتطلب معرفة بعلمي: الشكل الظاهري Morphology والتركيب الداخلي Anatomy للنباتات، كما يأتي أيضا دور التعرف على أثر العوامل الطبيعية التي يعيش تحتها النبات، وفي مقدرته على الاضطلاع بوظائفه الحيوية المختلفة، وفي كيفية أدائه لهذه الوظائف؛ مما يقتضي استخدام علم وظائف الأعضاء Plant Physiology بوسائله التجريبية والعملية... إلخ.

وهناك عدا ذلك ناحية أخرى من نواحي الدراسات البيئية وهي تحديد عوامل البيئة ذات الأثر الفعال في الحياة النباتية ، وقياس تلك العوامل ومعرفة شدة تأثيرها، والطريقة التي تؤثر بها، وتلك ناحية لا يكفي فيها استخدام علم النبات وحده بل لابد من الاستعانة بغيره من العلوم أيضًا، فهناك مثلا العوامل الجوية التي يتعرض لها المجموع الخضري، ولكل منها أثره في حياة النبات وتوزيعه وانتشاره، ويقتضي قياس هذه العوامل معرفة ببعض نواحي علم المناخ Climatology، كما أن دراسة التربة التي تنتشر فيها جذور النباتات وتمتص منها الماء والغذاء المعدني - دراسة على جانب كبير من الأهمية، وهي دراسة تتطلب إلماما وافيا بعلم التربة Soil Science. وفي بيئة النباتات المائية تؤثر سرعة تيار الماء وعمقه ودرجة انحداره تأثيرًا كبيرا على الحياة النباتية، وتستلزم دراسة هذه العوامل الاستعانة بعلم الهيدرولوجيا Hydrology، وهناك كذلك أثر بعيد للاختلافات

في مستوى سطح الأرض؛ إذ إن المنخفضات تمثل بيئات قد تكون مختلفة أشد الاختلاف من حيث ملاءمتها لنمو النبات، وتوطنها على المرتفعات الواقعة على قيد خطوات منها. ولذلك يستحسن في الدراسة البيئية لمنطقة من المناطق البدء بعمل خريطة طبوغرافية للمنطقة (علم Topography)، وهناك أخيرا تأثير التكوينات الجيولوجية على الحالة النباتية، مما يجعل لعلم الأرض Geology صلة وثيقة بعلم البيئة النباتية.

مما سبق فإن عنصري علم البيئة النباتية الأساسيين هما:

١/ ٣/ ١: الوسط البيئي The Environment

١/ ٣/ ٢: الكساء الخضري The Vegetation

١/٣/١ الوسط البيئي The Environment

يشتمل الوسط البيئي الذي يعيش فيه النبات على عدة عوامل مختلفة متداخلة ومؤثرة، ومتأثرة تأثيرا مباشرا وغير مباشر على النمو وانتشار وكثافة النباتات والغطاء النباتي في كل البيئات المتنوعة على وجه الأرض.

وهذه العوامل هي:

١/ ٣/ ١/ ١ عوامل المناخ **Climatic Factors**

١/ ٣/ ١/ ٢ العوامل الموقعية **Physiographic Factors**

١/ ٣/ ١/ ٣ العوامل الإحيائية **Biotic Factors**

١/ ٣/ ١/ ٤ العوامل الجوية **Atmospheric Factors**

١/ ٣/ ١/ ٥ عوامل التربة **Soil Factors**

وسنتناول فيما يلي دراسة هذه العوامل وأهميتها وعلاقتها بالنباتات والغطاء النباتي.

١/ ٣/ ١/ ١ عوامل المناخ Climatic Factors

يتمثل المناخ في مجموعة عوامل التكاثف (الهطول – الترسيب Precipitation الذي يكون إما على هيئة سائلة (الأمطار والندى)، أو هيئة صلبة (الثلوج والبرد) ، ودرجة

حرارة الجو، والضوء، والرطوبة الجوية، والرياح والتبخر في منطقة ما على المدى الطويل مثل فصل من فصول السنة. أما الطقس The Weather فيعني الربط بين كل هذه العوامل المناخية في لحظة معينة، ولذا يتغير الطقس من يوم إلى يوم، بل ربما من ساعة إلى ساعة، وربما تكون هناك اختلافات عديدة في عوامل المناخ خلال شهر واحد. يعيد المناخ The Climate في منطقة معينة – دائما– نفسه من سنة إلى أخرى، ولهذا فإنه يمكن توقع المناخ ويصعب توقع الطقس.

يعتبر المناخ العامل الأعظم الذي يؤثر تأثيرا مباشرا وغير مباشر على نمو وانتشار وكثافة النباتات والغطاء النباتي على الكرة الأرضية، ولذا فإن كل التكوينات النباتية الأساسية في العالم ليست إلا تكوينات مناخية، ومن ثم فإن دراسة علم البيئة النباتية يلزمها أن نصف حالة المناخ في منطقة الدراسة.

١/ ٣/ ١/ ١/ ١ الهطول Precipitation:

الهطول هو حالة سقوط مياه من السماء على هيئة سائلة مثل(الأمطار والندى) أو هيئة صلبة (مثل الثلوج والبرد).

- المطر Rainfall

المطر هو حالة سقوط مياه سائلة يكون قطر كل نقطة منها أكثر من ٥ جم. ويعتبر المطر من أهم العوامل التي تؤثر على نمو وتوزيع وكثافة النبات والغطاء النباتي في العالم، وعلى مدى فصول السنة؛ حيث يمكن معرفة نوعية الغطاء النباتي في منطقة ما من مناطق العالم عن طريق معرفة كمية الأمطار السنوية التي تسقط على تلك المنطقة.

- العلاقة بين المطر والمحتوى المائي للتربة Rainfall and Soil Water

توجد علاقة عامة بين كمية المطر والمتحوى المائي للتربة، أساسها أن الأخير يتوقف على المطر وأنواع التكاثف الأخرى (الندى– الثلج)، وذلك في جميع البيئات، فيما عدا تلك التي تعتمد على مورد ثابت من ماء الأنهار والينابيع أو البحيرات العذبة، وتتوقف الكمية التي تمتصها التربة من ماء المطر على نوعها وتركيبها وكسائها الخضري ودرجة

انحدارها، ويبلغ المتحوى المائي للتربة أقصاه عقب سقوط المطر مباشرة، ويقل خلال فصل الجفاف، بيد أن الزيادة في المحتوى المائي للتربة لا تتناسب في معظم الأحيان مع كمية المطر الساقطة عليها؛ وذلك لأن المطر الخفي إذا سقط على تربة جافة دافئة فإنه يتحول بأجمعه إلى بخار ماء في ساعات قلائل، وبذلك لا يكون له تأثير يذكر على المحتوى المائي للتربة، كما أن المطر الغزير يكون في الغالب قصير الأمد يضيع معظمه بالانسياب السطحي ولا يتغلغل في التربة إلا القليل، والأمطار التي تسقط في المناطق الصحراوية وشبه الصحراوية تكون على هاتين الصورتين، فإذا قلت كمية المطر عن ٣-٤ مم- فإنها تكون قليلة الأثر في زيادة المتحتوى المائي في التربة، لكنها تبلل فقط سطحها، ولكن كلما كان المطر بطيئا ومعتدلا وطويل الأمد زادت كمية ما تتشربه التربة منه، كما أنه كلما زاد المقدار الكلي لماء المطر الذي يسقط خلال فترة معينة أو فصل معين زادت فرصة تغلغله إلى العمق الذي يتأثر عنده بعوامل التبخر السطحي، وعلى ذلك فمن الممكن في الأجواء الجافة ألا يكون لعدة نوبات متتالية من المطر أثر يذكر في رفع المحتوى المائي للتربة، إذا كانت تلك النوبات من الضآلة والتباعد بحيث لا تكون لها أية قيمة تجميعية. وكلما طال الجفاف واشتد زادت كميات المطر اللازمة لإشباع التربة، كذلك تحدد شدة التبخر خلال الفترة التالية لموسم الأمطار- طول الفترة التي يظل فيها المحتوى المائي ملائما لنمو النبات بعد انقطاع المطر.

وللتوزيع الموسمي للمطر أثر كبير على المحتوى المائي للتربة، وكذلك على الكساء الخضري الذي تحمله، وعندما تكون كميات المطر غزيرة وموزعة بانتظام على جميع مواسم النمو، فإنه تستمر النباتات مزهرة والكساء الخضري كثيفا، أما إذا كان المطر قليلا ومتقطعا فإن النباتات السائدة تزهر وتنمو في أسابيع قليلة، ثم تذوى ليسود الجدب من بعدها.

تتوقف كميات المطر - الذي يفقد بالانسياب السطحي- أساسا على مقدار المطر الكلي، وكذلك على نوع الكساء الخضري ونوع التربة ودرجة الانحدار، ويكون الانسياب عادة أشد ما يكون عندما تهطل أمطار غزيرة فجائية أو تهب عواصف مطيرة

تستمر فترة قصيرة وتسقط على منحدرات عارية من النبات، أو مغطاة بنباتات متفرقة قصيرة، ففي جميع هذه الحالات لا تستطيع التربة أن تمتص الماء بالسرعة الكافية لاستيعاب المطر جميعه، خاصة إذا كانت كمية الدبال الذي يغطي سطحها قليلة، وكانت التربة نفسها ثقيلة متماسكة دقيقة الحبيبات. أما إذا كان المطر معتدلا واستمر فترة طويلة وسادت في موسمه رطوبة جوية عالية ودرجة حرارة منخفضة – فإنه يكون أكفأ كثيرا من المطر الرذاذ أو السيل الدافق. والانسياب السطحي قليل في الغابات؛ وذلك لأن الأشجار تستقبل الأمطار فتبددها كما تبددها النباتات تحت طبقة الأشجار، وكذلك المواد الدبالية المتجمعة على القاع. فوجود هذه العوائق جميعا قلما يسمح لشيء من ماء المطر ببلوغ سطح الأرض.

– المطر والحالة النباتية **Rainfall and Vegetation**

يهدف الاقتصاد المائي للنبات إلى إيجاد حالة توازن بين موارده المائية وكمية الماء التي تفقد ، أي إلى جعل النتح مساويا للامتصاص، ويحصل النبات على ما يحتاج إليه من ماء عن طريق المطر والندى، وتعتبر طريقة توزيع المطر في أوقات العام أهم العوامل في تحديد الصفات العامة، والمظاهر الموسمية للكساء الخضري، فكلما طال فصل الجفاف ذاته تعجل النبات بإنهاء دورة حياته خلال الفصل المطير وقبل أن يدركه فصل الجفاف. ولهذه الحالة المناخية أثرها الواضح في الحالة النباتية للمنطقة؛ إذ يترتب عليها تحديد مظهرين واضحين للكساء الخضري؛ أحدهما: في الفصل المطير، وفيه تزداد التغطية النباتية كثيرا بسبب وفرة المطر كما تكثر فيه النباتات الحولية وتحت الحولية والمظهر النباتي الآخر: في الفصل الجاف وفيه تنقص التغطية النباتية، ويصبح الكساء الخضري متفتحا وتختفي الحوليات لامتناع المطر.

– **مضار الأمطار الغزيرة Hazardous Effect of Torrents**

للسيول والأمطار الغزيرة مضار كثيرة؛ لأنها تغرق حبيبات التربة الطينية وتحيلها إلى طين رخو لا تستطيع أن تستقر عليه النباتات، وتنشب فيه جذورها، كما تنزع عن التربة كساءها الخضري وتكتسح ما يغطيها من دبال، كذلك تجرف السيول والأمطار الغزيرة التي تسقط على المنحذرات ما تصادفه في طريقها من بذور مع طبقة التربة السطحية، وما

يتخلف منها بعد هذه الأمطار ينبت ضعيفا على بقايا التربة المتآكلة التي تحلت من المادة العضوية (الدبال). وتتعرض البوادر النباتية من هذه البذور للغرق في فصل الأمطار، والذبول في فصل الجفاف مما يقلل فرصة ثبوتها واستقرارها.

- قياس المطر

يقاس المطر عادة بمقياس خاص يتركب من أسطوانة معدنية، قطرها ٢٠سم وارتفاعها ٥٠سم، طرفها العلوي على هيئة قمع، ينحدر على جوانبه ماء المطر المتساقط على الجهاز وينساب منه إلى أسطوانة داخلية، قطاعها المستعرض يساوي ١/١٠ القطاع المستعرض للقمع، وتقاس كمية المطر عادة بالبوصة أو بالمليمترات.

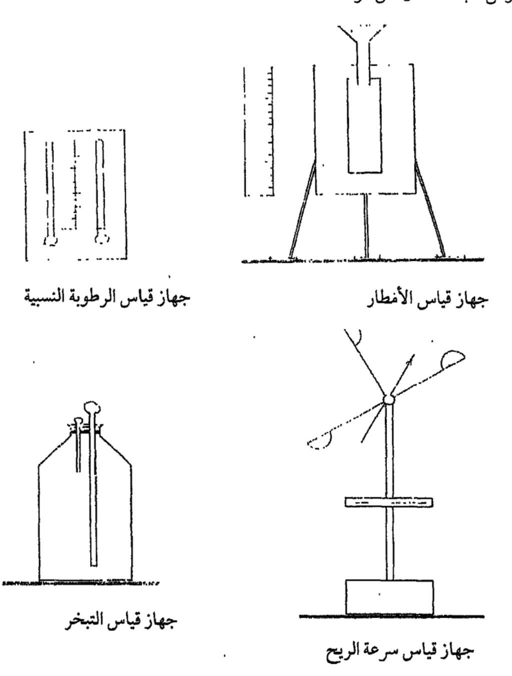
- أهمية المطر في المناطق الصحراوية Importance of Rainfall in the Deserts

لعامل المطر أهمية في المناطق الصحراوية؛ وذلك بمقتضى القانون الطبيعي الذي ينص على أن تأثير أي عامل يكون أكبر ما يمكن عندما تكون قيمته قريبة من الحد الأدنى، ولما كانت الأمطار قليلة ونادرة في الصحاري - فإن ازديادها عن المعدل المعتاد في سنة من السنين يكون له بالغ الأثر على ازدهار الحالة النباتية وازدياد التغطية وكثافة الكساء الخضري.

- الندى The Dew

يعتبر الندى موردا أساسيا مهمًا للأشن والحزازيات وغيرها من النباتات اللازهرية؛ فقد وجد أن بعض الحزازيات يزداد محتواها المائي من ٢٠-٣٠٪ من الندى الجاف أثناء النهار إلى ١٠٠٪ بعد ليلة غزيرة الندى، وفي حالات أخرى كانت الزيادة أكثر من ذلك. ويعتقد كثير من العلماء أن النباتات تحت الحولية (الموسمية Ephemerals) والحولية Annuals وثنائية الحول Biennials - تستطيع أن تعيش على الندى وحده، ويمتاز الندى على المطر بانتظام سقوطه. ويرى بعض العلماء أن أوراق الكثير من النباتات الوعائية تستطيع أن تمتص بعض الندى المتكاثف على سطوح أوراقها عن طريق الأدمة، كما أن

بعض الأشجار تمتص الماء خلاص القلف، على أن الندى يكون دائمًا من القلة في المناطق المعتدلة والجافة، لدرجة أنه لا يمكن أن يساهم بشيء يذكر في زيادة المحتوى المائي للتربة، وهو مع ذلك يعمل بتبخره على زيادة الرطوبة الجوية، فيقلل بذلك من تبخر الماء من التربة ومن النباتات لفترة من الوقت.



جهاز قياس الأمطار — جهاز قياس الرطوبة النسبية

جهاز قياس سرعة الريح — جهاز قياس التبخر

أجهزة قياس عوامل المناخ

يعتبر الندى نوعا من أنواع التكاثف الذي يتعرض له بخار الماء الجوي، ولا يستلزم تكاثف الندى دائما أن يكون الهواء مشبعا بالبخار، وتعتمد العملية على وجود فرق في درجة الحرارة بين السطح الذي يتكاثف عليه الندى والهواء الملامس له. ويبدأ تكون الندى عادة بعد الغروب ، ويتوقف في الصباح عند الشروق وقد يتأخر بدؤه إلى منتصف الليل أو بعده، وقد تطول مدته أو تقصر حسب الظروف الجوية . ويختلف عدد الليالي التي يترسب فيها الندى كما تختلف عدد الساعات التي يستغرقها سقوطه، وكذلك كميته في مختلف الأقطار والبقاع، كما أن الندى يظل مغطيا لسطوح النباتات وأوراقها لمدد تختلف في الجهات المختلفة، وليس مصدر الندى المتكاثف على سطح الأرض هو بخار الماء الجوي وحده بل أن جزءا منه يأتي أيضا من التربة ويصعد إلى سطحها بالخاصية الشعرية، كما أن سطح الأرض إذا كان مبتلا فإنه يكون مصدرا أساسيا لبخار الماء الذي تحتويه الطبقات السفلى من الهواء الجوي.

- قياس الندى **Measurement of Dew**

تستعمل لقياس الندى أطباق لايك Leick's Plates، وهي أطباق من خزف مسامي، مساحة سطحها واحد ديسيمتر مربع(الديسيمتر = ١٠سم) وسمكها سنتيمتر واحد، تشبه التربة من حيث مادتها المسامية، وتقاس كمية الندى بواسطة هذه الأطباق خلال فترة معينة باختلاف وزنها في آخر الفترة عنه في أولها. ومن الممكن لهذه الأطباق قياس كمية قليلة جدا من الندى (٠.٠٠٥)مم مثلا وهي درجة عظيمة من الحساسية.

- أهمية الندى **Importance of Dew**

يذهب البعض إلى اعتبار الندى Dew موردا من أهم موارد الماء للنباتات وخاصة بالصحراء، فقد تكون كميته معادلة لكمية الأمطار الساقطة، أما في المناطق ذات المناخ المعتدل، حيث تسقط كمية مناسبة من الأمطار- فإن الندى يكون قليلا نسبيا وكميته السنوية تعتبر قليلة إذا قورنت بما يسقط من الأمطار. وتختلف نسبة الندى إلى المطر في البقاع المختلفة من العالم؛ ففي بعض الجهات يبلغ الندى ١/٥ كمية المطر، وفي جهات

أخرى، كبعض الصحاري المصرية يبلغ الندى ٥٠ مم سنويًّا، بينما لا يتجاوز المطر ٣٠ مم سنويًّا، ويمتاز الندى عن المطر أنه لا يتعرض للتسرب السطحي، ولو أنه كالمطر يتعرض للتبخر، وفي المناطق الجافة لا تسمح كمية الندى الضئيلة بتغلغله في التربة إلى عمق كبير، ولا يتعدى أثره الطبقة السطحية، ومهما كانت غزارة الندى فإنه لا يستطيع أن يتعمق إلى أكثر من ١٠ سم.

- علاقة الندى بالنبات **Dew and Vegetation**

- يعمل الندى على موازنة المحتوى المائي في أنسجة النبات، وذلك بتعويض ما ينقص منه بالنتح.
- تمتصه النباتات ذات الجذور السطحية التي لا يزيد عمقها عن ١٠ سم.
- تمتصه جذور وأوراق النباتات العالقة التي تعيش على فروع الأشجار الكبيرة بالغابات.
- يعمل على زيادة رطوبة الجو، فيساعد بطريق غير مباشر على تقليل كمية الماء الفاقد من النبات عن طريق النتح.
- لا يمكن أن تعتمد النباتات المستديمة Perennial Plants على الندى كمصدر مائي، لكن قد تعتمد عليه النباتات الحولية والنصف حولية Annuald and Ephemerals كأحد مصادر الماء المهمة لحياتها.

١/٣/١/١/٢ درجة حرارة الجو Air Temperature

تمثل درجة الحرارة أحد الظروف (الحالاتConditions) الخاصة بالوسط البيئي، أي أنها ليست مادة (Substance) مثل الماء.

لدرجة الحرارة تأثير كبير على جميع وظائف الحياة؛ إذ إن جميع عمليات الأيض الكيميائية والعمليات الطبيعية اللازمة لتكوين الجدر الخلوية، وغيرها: كالانتشار والترسيب والتجلط- تعتمد على درجة الحرارة وتنشط بارتفاع هذه الدرجة إلى الحد الأمثل، وعلى العكس من ذلك إذا نقصت درجة الحرارة إلى حد أدنى معين- كان ذلك عائقا للنمو في الحجم، فإذا نقصت درجة أكثر من ذلك فإن التمثيل الضوئي يتأثر أيضا،

وإذا زاد النقص توقف التنفس وهلك النبات، فدرجة الحرارة إذن لا تقتصر أهميتها على تنشيط وظائف الحياة فحسب، ولكنها أيضا تهيىء الطاقة اللازمة لبعض هذه الوظائف.

ولدرجة الحرارة تأثير كبير على سرعة النمو، كما أن لها أيضا أثر كبير في سرعة التحول الغذائي ومنتجاته، ففي درجة الحرارة المنخفضة مثلا تنتج النباتات كميات وفيرة من الكربوايدرات عديدة التسكر.

لكل نوع من أنواع النباتات مجال حراري يعيش فيه معيشة طبيعية، فإذا تجاوزت درجة الحرارة ذلك المدى- ارتفاعا أو انخفاضا- تأثر نشاط النبات، وتوطن النباتات نفسها في مواطنها الطبيعية على مواجهة التقلبات في درجة الحرارة التي تتعرض لها، فهي وإن تأثر نموها وازدهارها ببرد الشتاء، إلا أنها تتخذ من الكمون الشتوي -بسبب البرد- حافزا لتجديد نموها وتنشيطه في الربيع التالي، وأثر البيئة من هذه الناحية ظاهر في أعضاء التكاثر المختلفة، ككثير من البذور والأبصال والكورمات والدرنات والبراعم؛ إذ إنها مجرد نباتات صغيرة أو مناطق نمو محمية حماية محكمة ضد الجفاف، وهذه الأعضاء قد وطنت نفسها على المرور بفترة طويلة من البرد؛ حتى تكن قادرة على الإنبات إلا إذا تعرضت للبرد. ولدرجة الحرارة أثرها أيضا على إنبات البذور ونمو البادرات ونضج النبات وتفتح الزهور وانغلاقها وإنتاج الثمار والبذور، ومن هنا كان أثرها على التكاثر ومن ثم إنتاج النبات، وكذلك فإن لدرجة الحرارة أثرها الكبير على تطور الكساء الخضري وكثافته.

- قياس الحرارة **Measurement of Temperature**

تقاس دراجات الحرارة بالترمومترات، ويجب تجنب سقوط أشعة الشمس المباشرة على الترمومتر بقدر الإمكان، ومن اللازم عند قراءة درجة الحرارة تعريض الترمومتر للرياح والهواء الطلق تعريضا تاما، وإبعاده عن الجسم واليد، وتركه بعيدا حتى يثبت عمود الزئبق.

عند دراسة الكساء الخضري لمنطقة ما، يفضل استعمال طريقة التسجيل المستمر لدرجات الحرارة بواسطة الأجهزة المسجلة التي توضع في الأماكن المناسبة للكساء الخضري ، ويحسن استعمال جهازين أو ثلاثة، ووضعها في أماكن مختلفة داخل الكساء الخضري.

- تقلبات الحرارة Fluctuation of Temperature

توجد تقلبات يومية وسنوية في درجات الحرارة، وتتغير درجات الحرارة على سطح الأرض بتأثير عاملي: الإشعاع والتوصيل، ولذلك فإنها لا تبلغ حدها الأقصى في الظهيرة كما في حالة الضوء، بل تتأخر إلى الساعة الثانية أو الثالثة بعد الظهر، كذلك لاتصل درجة الحرارة إلى حدها الأدنى عند حلول المساء؛ ولكن قبيل بزوغ شمس اليوم التالي. ولا تبلغ درجة الحرارة السنوية حدها الأقصى في يونيه عندما تتعامد الشمس على سطح الأرض، لكن بعد ذلك بشهر أو شهرين، كما أنها تبلغ حدها الأدنى بعد ديسمبر بشهر أو بشهرين أيضا.

وتختلف درجة الحرارة عادة تبعا لاختلاف الارتفاع واختلاف خط العرض.

وتمتص الجبال العالية من الحرارة؛ لشدة تعرضها أكثر مما تمتص الأراضي المنخفضة، ولكن من ناحية أخرى يزيد الفقد بالإشعاع في الجبال العالية عنه في المنخفضات، مما يجعل المناطق الجبلية دائما أبرد من السهول والوديان المنخفضة، ورغم برودة الهواء في المرتفعات عنه في المنخفضات- فإن درجة حرارة سطح التربة تكون أعلى كثيرا في الأولى عنها في الثانية، ولكنها تنخفض عنها أثناء الليل بفعل الإشعاع السريع.

وتختلف درجة الحرارة أيضا تبعا لشدة الانحدار؛ وذلك لأن تأثير أشعة الشمس يكون على أشده عندما تكون الشمس عمودية، أو كلما قلت زاوية السقوط قبل تأثيرها، كذلك تختلف درجة الحرارة في المستويات المختلفة بالهواء والتربة؛ إذ تبلغ أقصى درجاتها عند سطح الأرض أثناء النهار، وتتناقص تدريجيا في كل من الاتجاهين من أعلى ومن أسفل. ويعود التناقص في الوسط الهوائي إلى نقص الإشعاع بالتدريج كلما زاد البعد عن سطح الأرض، إلى أن يختفي تدريجيا على ارتفاع غير بعيد عنها، بينما يتزايد تأثير الرياح مع الارتفاع، أما في التربة فإن الحرارة لا تنفذ فيها بسهولة؛ إما لضعف توصيلها للحرارة، أو لكبر السعة الحرارية للماء الذي تحتويه. وفي العادة يكون الهواء بالنهار أدفأ من التربة وخاصة في الأيام المشمسة كأيام الصيف، ولكن مع ذلك تفقد الحرارة أثناء الليل أسرع مما تفقدها التربة، ولذلك تظل التربة أثناء الليل أدفأ من النهار لفترة من الوقت.

- تأثير العوامل البيئية الأخرى على درجة الحرارة

تؤثر عوامل بيئية كثيرة على درجة الحرارة، وأهم هذه العوامل السُحب والريح. فالسحب تعكس مقدارا كبيرا من حرارة الشمس أثناء النهار من سطحها العلوي، فيؤدي ذلك إلى إنقاص درجة الحرارة عند سطح الأرض، وبالليل تعترض طريق الإشعاع الصادر من الأرض، فتحول دون انخفاض درجة الحرارة عند سطحها وفي الهواء الملامس له إلا بقدر ضئيل. وبالمثل تؤدي جميع العوامل التي تحول دون التعرض المباشر لأشعة الشمس أثناء النهار- دور الإشعاع من سطح الأرض إلى الجو أثناء الليل، إلى جعل درجة الحرارة للوسط أكثر انتظاما وتساويا، ومن هذه العوامل الضباب والرطوبة الجوية العالية والكساء الخضري الكثيف كالحشائش والغابات. وللكساء الخضري بوجه خاص أثر كبير من هذه الناحية، فهو يخفض درجة حرارة النهار بحجبه أشعة الشمس، كما يرفع درجة حرارة الليل بإعاقة الإشعاع، ولهذا السبب تكون الغابات أبرد في الصيف وأدفأ في الشتاء عنها في المناطق الصحراوية المكشوفة.

كذلك تسبب الرياح ارتفاعا في درجة الحرارة عندما تهب من منطقة أدفأ، كما تسبب انخفاضا عندما تهب من منطقة أبرد، وتعمل السطوح المائية (البحار والمحيطات والأنهار... إلخ)- على تلطيف درجة حرارة الجو؛ وذلك لأن سطح الأرض يدفأ من الشمس الساطعة كثيرا عندما يدفأ الماء، كما يبرد أسرع منه بالليل؛ ولذلك فإن وجود البحيرات الواسعة يعمل على تثبيت درجة حرارة الأراضي المجاورة واعتدالها، فتصبح أكثر ملاءمة لنمو كثير من النباتات.

- درجة الحرارة الملائمة وغير الملا ئمة للنباتات:

تتحمل معظم النباتات مدى واسعا من درجات الحرارة ، وتستطيع بعضها أن تنمو في درجات حرارة متطرفة في الارتفاع، وبعضها في درجات متطرفة في الانخفاض، وهناك أنواع تستطيع احتمال الدرجات المتطرفة طالما توفر لديها الماء الكافي.

مثال ذلك: أن بعض النباتات الطحلبية الدنيئة تستطيع أن تنمو وتتكاثر في المياه القطبية، حيث تهبط درجة الحرارة تحت الصفر، ويظل الماء سائلا رغم ذلك بسبب ملوحته العالية. ومن ناحية أخرى، تزدهر أنواع كثيرة من الطحالب والبكتريا في الينابيع

الدافئة في درجات حرارة تصل إلى ٧٧°م وحتى إلى ٨٩°م في بعض الأنواع، والمعروف بوجه عام أن أكثر درجات الحرارة ملاءمة لنمو النباتات هي الدرجات السائدة في المواطن الطبيعية لتلك النباتات، ولذلك فمعظم نباتات المناطق المعتدلة تنمو أحسن نمو بين درجتي١٥°م و٢٥°م، بينما تزدهر نباتات المناطق الباردة وجبال الألب في درجات تعلو قليلا عن درجة التجمد.

وتتعرض النباتات أثناء فترة نموها لمدى واسع من درجات الحرارة، ولا تحتمل البقاء إلا إذا ظلت درجة الحرارة في حدود معيشتها، فإذا جاوزت تلك الحدود ارتفاعا أو هبوطا- فإن النباتات تسارع بالنضج أوتهلك، وأحيانا تدخل في فترة سكون لا تقوم خلالها بأي نشاط تماما، كما يحدث في المناطق الجافة التي تنضب مواردها المائية في فترات معينة من العام، إلى حد لا تستطيع معه النباتات أن تمتص ما يعوض الماء الذي فقط بالنتح.

- درجة الحرارة المثلى **Optimum Temperature**

هي أكثر الدرجات ملاءمة لقيام النبات بوظائفه، ومن الصعب تحديد الدرجات المثلى لمختلف العمليات الفسيولوجية؛ إذ تتوقف كل عملية على عدد من العوامل الفيزيقية والكيميائية- كما أنه لا توجد درجة مثلى واحدة لجميع العمليات، فالدرجة المثلى للتنفس مثلا أعلى بكثير منها لعمليات البناء الغذائي، ولذلك فإن درجة الحرارة المثلى من وجهة النظر البيئية- وهي الدرجة التي يستطيع النبات عندها أن يزدهر وينمو أحسن نماء- لا يمكن أن تكون درجة حرارة واحدة، لكن مدى رحيبا من عدة درجات، وكلما استحثت العمليات الطبيعية والكيميائية التي يقوم بها النبات بتعرضه لدرجات حرارة مثلى، فإن احتياجاته للماء والمواد الغذائية تزداد أيضا. ولذلك فإن الظروف المثلى للآيض والنمو لا تتحقق بدرجة الحرارة المثلى فقط، بل يجب أن يتوفر الماء والمواد الغذائية أيضا . هذا وتقل درجات الحرارة المثلى لعمليتي الإنبات ونمو البادرات عن نظائرها للنبات المثمر في عملياته الحيوية.

- درجات الحرارة القصوى **Maximum Temperature**

تختلف درجة الحرارة القصوى التي يتحملها النبات دون أن تترك له أثرا ضارا، قد يسبب القضاء عليه- تبعا لاختلاف الأنواع النباتية، ويبدو أن درجة الحرارة المثلى صفة

غريزية موروثة للخلايا، رسخت واستقرت فيها خلال أجيال لم يعرف عددها بعد؛ بسبب أثرها على علاقات حرارية معينة، ومثل هذه الدرجات تتصل اتصالا وثيقا في الطبيعة بالاختلافات في العلاقات المائية مثل المدد المائي الميسور للجذر. وتحدث بعض التغييرات في الخلايا عند حوالي ٤٠°م، والتي تعتبر ضارة لحياة النبات، وتموت كثير من النباتات عند ٤٥°م، ٥٥°م.

تختلف درجات الحرارة القصوى بالنسبة للأنواع المختلفة وتحدث معظم العمليات الحيوية للنباتات الاستوائية في درجات عالية من الحرارة، بحيث تموت معظم النباتات الأخرى بعد فترة قصيرة من تعرضها لها، وعلاوة على ذلك فبعض الأطوار النباتية أقدر من غيرها على تحمل الحرارة والبرودة، فتبلغ المقاومة نهايتها القصوى في أطوار السكون، وخاصة في البذور والأبواغ والكورمات وغيرها، فالبذور إذا كانت جافة تتحمل درجات حرارة فوق ١٠٠°م، أما إذا نقعت في الماء فإنها تموت إذا بلغت درجة الحرارة ٧٠°م. وثبت بالتجارب أن هناك بعض أنواع الخميرة قادرة وهي في حالة سكون على تحمل درجة حرارة تبلغ ١١٤°م، والبكتريا الساكنة تتحمل ما بين ١٢٠ إلى ١٣٠°م.

- درجة الحرارة الدنيا **Minimum Temperature**

تبلغ درجة الحرارة الدنيا التي يستمر عندها نشاط معظم النباتات- درجة حرارة تجمد الماء تقريبا، وبعض النباتات القطبية مثل نبات أقحوان المستنقعات الأصفر Caltha ونبات بنفسج سن الكلب (إريثرونيوم Erythronium) تحمل أزهارا بعد اختراقها طبقات الجليد، وتستمر في ازدهارها بالرغم من انخفاض درجة الحرارة كل ليلة إلى مادون درجة التجمد، وقد وجد كذلك أن أنشطة بعض الطحالب البحرية قد تستمر بالرغم من هبوط درجة الحرارة إلى الصفر، هذا ومن جهة أخرى تعوق درجة الحرارة إذا بلغت ٢٠°م من نمو النباتات الاستوائية وغالبا ما يقضى على هذه النباتات إذا بلغت درجة الحرارة ١٠°م، وفضلا عن ذلك تختلف درجة الحرارة الدنيا اختلافا كبيرا باختلاف أوقات السنة، كما تختلف أيضا باختلاف الأحوال المتباينة للنبات والسبب الأساسي لهذه الاختلافات هو كمية الماء التي يحتويها النبات، فتموت الأوراق التي تحتوي على كمية كبيرة من الماء كما يقضى عادة على السوق العشبية لنباتات المناخ المعتدل مثلا إذا ما

تعرضت لدرجة الصفر المئوي، أما البذور الجافة فلا يصيبها ضرر عند ١٩٣ عام إلى ٢٥٠°م.

- تأثير درجة الحرارة على الكساء الخضري

قد يوجد على سطح الكرة الأرضية قليل من الأماكن تشتد أو تهبط فيها درجة الحرارة كثيرا، بحيث يتعذر على بعض النباتات أن تنمو فيها، وحتى في المناطق الشمالية تزداد دائما درجة الحرارة صيفا، بحيث تفوق الحدود التي عندها لا يصبح النمو ممكنا، وبالرغم من أن هذه الفترة قد لا تتجاوز بضعة أسابيع- فإن أنواعا من النباتات التي تنمو في أشد الصحاري حرارة - حيث تحد الحرارة الشديدة من دوام نموها الخضري- توجد أجزاؤها الحية مطمورة على عمق بعيد في التربة، ومع بداية فصل الرطوبة أو الأمطار عندما تهبط درجة الحرارة ويتيسر المدد - تسحب هذه النباتات غذاءها المختزن وتنمو نموا سريعا، وتظهر أجزاؤها الخضرية فوق سطح الأرض، وليس لدرجة الحرارة أي تأثير على توزيع النباتات في طور الهجرة، بيد أن لها أثرا كبيرا على نمو النباتات المهاجرة، على أن الحد الأقصى لدرجة الحرارة قد يكون ذا أثر مباشر في تحديد انتشار النباتات.

تعتبر درجة الحرارة من أهم العوامل التي تتحكم في مجموعة للأنواع النباتية في منطقة من المناطق(الفلورا)، ولكن تحدد كمية المطر طراز التكوين الذي يكون عليه الكساء الخضري فتكوينات أراضي الحشائش أو الغابات أو الصحاري تعتمد على كمية المطر، وقد توجد في سائر المناطق الحرارية على سطح الكرة الأرضية، ولكن الأنواع النباتية المكونة لكل طراز من هذه الطرز- كالغابات مثلا- تختلف كثيرا من منطقة إلى أخرى على نحو ما يكون الخلاف بين غابات المناطق الحارة وغابات المناطق الباردة، وبالنسبة لنباتات المحاصيل فإن درجة الحرارة تعتبر من أهم العوامل التي تؤثر على توزيعها، فالحد الشمالي لإنتاج القطن مثلا على نطاق تجاري مربح تنفرد بتحديده درجة الحرارة، ولنبات القمح حد أدنى من درجات الحرارة إبان موسم نموه يجعل توزيعه مقصورا على الأقاليم التي لا تنخفض درجة الحرارة إبان موسمه دون ذلك الحد، أما البطاطس فإنها تنتج أكبر محصول في المناطق ذات الحرارة الصيفية المنخفضة؛ وذلك لأن درجة الحرارة العالية تعوق نمو

الدرنات، وبعض المحاصيل كالذرة مثلا تحدد توزيعها درجة حرارة موسم النمو وحده، وبعضها كالعنب يتأثر بدرجة حرارة العام كله.

٣/١/١/٣/١ : الضوء Light

- تعريفه:

الضوء أحد العوامل الأساسية التي تحدد نمو النباتات وتكوين الكساء الخضري؛ فالشمس مصدر الطاقة اللازمة للنباتات، والضوء هو ذلك الجزء من الطاقة الإشعاعية الذي يمكن رؤيته بالعين، ومن هذه الطاقة الإشعاعية يمتص اليخضور (الكلوروفيل) موجات ذات أطوال معينة (من نحو ٠،٧٥ إلى ٠،٤ ميكرون) وبها تتمكن البلاستيدات الخضراء من تجهيز الغذاء، وتستعمل كلمة ضوء الشمس بمعناها العام لتنزل على الإشعاع الشمسي، وتشتمل على موجات الأشعة فوق البنفسجية وتحت الحمراء، بالإضافة إلى الضوء المرئي (المنظور) ، ولا يصل سطح الأرض من الضوء المنظور سوى حوالي ٣٩٪ من الإشعاع الكلي، وحوالي ٦٠٪ من فوق الأحمر، و ١٪ من الضوء فوق البنفسجي.

تستعمل ورقة النبات كمية قليلة جدا من الطاقة الإشعاعية التي تسقط عليها، فقد وجد بالتجربة أن نبات عصا الراعي Polygonum وأبو خنجر Tropaeolum وعباد الشمس Helianthus - لاتستعمل في عملية البناء الضوئي سوى ٠،٤٢ إلى ١،٦٦ في المائة من هذه الطاقة، أما معظم الطاقة الإشعاعية وتشمل خاصة الأطوال الموجية التي تزيد على المرتبة (٠،٧٥٢ ميكرون)- فإنها تمتص وتحول إلى طاقة حرارية.

والخلاصة أن نحو ٥٠٪ من الطاقة الإشعاعية - الكلية التي تسقط على الورقة تحول إلى طاقة حرارية، ثم تستغل في عملية التبخر، و ١٩٪ يفقد ثانية بالإشعاع، و ٣٠٪ ينعكس من الورقة أو ينفذ منها.

- تأثير الضوء في النبات

يؤثر الضوء في النباتات من وجوه عدة، فهو يعمل على بناء اليخضور وغيره من الصبغيات، كما يعمل على بناء مواد النمو أو الهرمونات، كذلك يعمل الضوء على تكوين المواد الكربويدراتية، ويؤثر الضوء على عدد ووضع البلاستيدات الخضر، كما يؤثر في فتح

وإغلاق الثغور وله تأثيره الواضح على عملية النتح، وهو الذي ينبه الأعضاء النباتية فتستجيب له بالانتحاء، كما يحدث في انحراف السوق والأوراق. ويعمل الضوء على تكوين مواد كيماوية معينة تؤثر تأثيرا كبيرا في عمليات النمو، كما تؤثر في العمليات التي لها علاقة بالتكيف، وتخصص خلايا الأعضاء النباتية، كما يتضح ذلك من تكوين النسيج العمادي في الأوراق ونمو أعضاء التخزين في الجذور، ويؤثر الضوء على النبات في كل مراحل نموه وتكوينه، فهو يؤثر تأثيرا كبيرا في شكله وتركيبه المميزين له.

- إنتاج اليخضور

يعتبر إنتاج اليخضور أول رد فعل تستجيب له النباتات لعامل الضوء. ويستثنى من ذلك بطبيعة الحال أغلب البكتريا وسائر الفطريات، وهي التي لم تنشأ بها القدرة على تكوين اليخضور أصلا، وفقدت القدرة بتأثير عاملي التطفل والترمم. من ناحية أخرى توجد أنواع من السوطيات وحيدة الخلية تنتج اليخضور دونما تعرض للضوء، ولكنه يخضور لا يستطيع أن يؤدي عمله في وظيفة التمثيل الضوئي، إلا إذا تعرض للضوء، وباستثناء هذه السوطيات وحدها لا تنتج النباتات ذات البلاستيدات- اليخضور إلا في وجود الضوء ، ويختفي اليخضور إذا طال وضع النباتات في الظلام.

تختلف درجة احتمال النباتات المختلفة للظل، وقد وجد أنه في المناطق المعتدلة تحتاج أكثر أنواع النباتات احتمالا للظل إلى ١٪ على الأقل من الضوء الطبيعي؛ لكي تستطيع أن تقوم بقدر من التمثيل يكفي لنموها، ويبدو أنه لا يوجد أي مكان حتى في أكثر الغابات غزارة وكثافة لا ينفذ إليه الضوء الكافي لتكوين اليخضور، ولكن ذلك الضوء لا يكفي في أماكن كثيرة لسير عملية التمثيل بالسرعة اللازمة لاستمرار حياة النباتات حتى أكثر النباتات احتمالا للظل، وتحتاج معظم النباتات إلى ضوء شمس ساطع؛ لأن هذه الحالة هي أفضل الظروف لتكوين اليخضور.

- تأثير الضوء على عدد البلاستيدات الخضراء ومواضعها

من الممكن تفهم تأثير الضوء على التركيب الداخلي للورقة في ضوء الاحتياجات المائية، فقد وجد أن نسبة ضئيلة فقط من الطاقة الإشعاعية التي تمتصها البلاستيدات الخضراء - تستعمل في التمثيل الضوئي، بينما يتحول جزء كبير منها إلى حرارة تسبب

تبخر الماء من الخلايا، وتؤدي عملية التبخر هذه إلى خفض درجة حرارة الورقة وبقائها منخفضة، وليس هذا الأثر ممثلا بنفس الدرجة من القوة في نباتات الظل؛ حيث التعرض للإشعاع الشمسي أقل، ولذلك تترتب البلاستيدات الخضراء في نباتات الشمس؛ حيث يزيد عددها، في صفوف موازية لاتجاه الأشعة الضوئية، وعلى ذلك يعمل كل منها كستار يحمي بعضها البعض من التعرض للتأثير الكامل للطاقة الإشعاعية، وبهذه العملية تقل كمية الماء الذي يفقد بالنتح، ويمكن النظر إلى ترتيب البلاستيدات الخضراء بنباتات الشمس على استقامة الأشعة الساقطة على أنه وسيلة لمنع فقد الماء بشدة في وقت تنشط فيه هذه البلاستيدات في صنع المواد الغذائية، وتحتاج إلى درجة عالية من التميؤ للقيام بهذه الوظيفة على الوجه الأكمل. أما في الظل فالخطر قليل من فقد الماء بوجه زائد، بل على العكس تزداد الحاجة إلى الحصول على أكبر قدر ممكن من الضوء، ولذلك فإن البلاستيدات في نباتات الظل، وهي عادة أقل منها في نباتات الشمس تترتب في وضع متعامد مع الأشعة الساقطة، مما يؤدي إلى زيادة مساحة السطح المعرض للأشعة، ولهذا السبب يعزى انقسام النسيج الأوسط في الورقة إلى نسيج عمادي ونسيج إسفنجي؛ إذ إن الجزء العلوي من الورقة يستقبل ضوء الشمس كاملا، ولذلك تترتب فيه البلاستيدات على امتداد الأشعة، أما الجزء السفلي فيستقبل فقط الضوء الذي لا تمتصه الأنسجة العليا. ومعنى ذلك أن الأنسجة السفلى للورقة هي الطبقات السفلى من الكساء الخضري للغاية من حيث تظللها بالطبقات العليا، ولذلك تنتشر بلاستيداتها وتترتب في وضع يمكنها من الحصول على أكبر قسط من الضوء، وهذا هو الترتيب الشائع في الأوراق النباتية؛ ولكنه ليس مطلقا.

- تأثير الضوء على تركيب الورقة

يختلف تركيب الورقة كثيرا تحت تأثير شدة الضوء، والعامل المباشر في تأثير الضوء على تركيب الورقة هو تأثيره على العلاقات المائية للنبات؛ ذلك أن عدد البلاستيدات الخضراء يزداد بازدياد شدة الضوء، ولحاجة البلاستيدات الخضراء نفسها إلى الضوء الضعيف بطريقة تكفل تعريض أكبر سطح ممكن للأشعة الساقطة، بينما في الضوء الشديد ترتب نفسها بحيث تقلل التعرض وتقلل تبعا لذلك فقد الماء، وتقع البلاستيدات في طبقة السيتوبلازم التي تبطن الجدار، وكلما كان الجدار مرتبا وقابلا للنمو والتشكل ويحيط

بكتلة غروية هلامية- فإن تحرك البلاستيدات داخل السيتوبلازم في اتجاه متعامد مع سطح الورقة، يؤدي إلى استطالة الخلايا في اتجاه الحركة، وفي ذلك ما يفسر استطالة الخلايا العمادية المتكونة في الجزء الأعلى من الورقة، وهو الذي تسقط عليه الأشعة الضوئية من أعلى تبعا لشدة الضوء فتزيده، ولذلك فإن أوراق نباتات الشمس تحتوي على عدد كبير من طبقات النسيج العمادي عما تحتويه نباتات الظل، وفي الحالات التي يتعرض لها السطحان للضوء بدرجة واحدة كما في أوراق الكافور وكثير من النباتات الصحراوية- تتكون أنسجة عمادية في الجانب السفلي بالورقة كما في الجانب العلوي، كذلك يختلف سمك الورقة في نباتات الشمس عنه في نباتات الظل؛ إذ تكون أكثر سمكا في الأولى عنها في الثانية، كما تكون فراغاتها البينية أضيق وأقل عددا، وتختلف أيضا كمية النسيج العمادي اختلافا كبيرا في أوراق النبات الواحد، فالأوراق الخارجية وهي التي تتعرض للضوء الكامل- تختلف كثيرا عن الأوراق الظليلة الداخلية؛ إذ تحتوي على نسبة أعلى من الخلايا العمادية، وإذا قل الضوء إلى حد معين فإن الأنسجة العمادية، قد لا تتكون على الإطلاق.

يتغير شكل الورقة بتأثير شدة الضوء على البلاستيدات الخضراء وما يتبع ذلك من تغيير في شكل الخلايا التي تحتوي على تلك البلاستيدات، ولما كانت الخلايا الإسفنجية تميل إلى الاستطالة في اتجاه مواز لسطح الورقة- فإنها تدفع الخلايا العمادية إلى توجيه امتداد الورقة في وضع يقع على استقامة الأشعة الساقطة، ولذلك فإن الأوراق التي تتغلب فيه نسبة الأنسجة العمادية تكون أكثر سمكا نسبيا، ولما كانت الأوراق تقتصد ما وسعها الاقتصاد في بذل المادة والطاقة- فإن الأوراق السميكة- تنزع إلى الضيق والصغر، بينما تميل الأوراق الرقيقة إلى الانتفاخ والضخامة ولذلك فأوراق نباتات الشمس متكونة في ظروف رطبة، ولا تقتصر هذه الحقيقة على نباتات الظل والشمس التي من نفس النوع فحسب، بل تمتد إلى نباتات البيئتين بوجه عام ويحدث مثل هذا التشكل بالأوراق المختلفة بالشجرة الواحدة أو الشجيرة أو العشب حيث القمم متكافئة الأوراق.

- تأثير الضوء على سيقان النباتات

تكون سيقان النباتات التي تعيش في الظل عادة أطول وأكثر تفرعا من سيقان نباتات الشمس، ومن الواضح أنه في السيقان ذات السلاميات الطويلة لا تظلل الأوراق العليا ما تحتها من أوراق كما يحدث في السيقان ذات السلاميات القصيرة، وهذا يفسر كثرة التفرع

وانتشار النبات في مساحة واسعة؛ إذ إن التفرع يحمل الأوراق بعيدا عن الساق وعن بعضها البعض فيتيح لها ذلك أن تحصل على أوفر حظ من الضوء.

- علاقة الضوء بحركة الثغور اليومية

يعتبر الضوء أكثر العوامل البيئية أهمية في تنظيم حركة الثغور، حيث تتوقف الظروف المناسبة لفتح الثغور في كل النباتات تقريبا على وجود الضوء، أما إذا كانت هذه الظروف غير مناسبة فإن العوامل الأخرى تتغير؛ حيث يبطل تأثير الضوء في النهاية، فقد تقفل الثغور حتى في وجود الضوء، وذلك عندما ينخفض المدد المائي. يبدو أن الضوء يلعب دورًا بسيطا أو لا شأن له بفتح الثغور في قليل من النباتات.

- فترة بقاء الضوء

تختلف فترة بقاء الضوء باختلاف خطوط العرض، فعند خط الاستواء يستمر ضوء النهار اثنتي عشرة ساعة، أما عند خطوط العرض العليا وفي أثناء فترة من العام فإنه يستمر أربعا وعشرين ساعة، وعلى ذلك تتعرض النباتات الاستوائية إلى ضوء يستمر نصف كل يوم، بينما تنمو النباتات القطبية في إضاءة ضعيفة تدوم أو تستمر طول فصل الصيف، وتنمو النباتات بسرعة في خطوط العرض العليا أثناء الصيف ذات النهار الطويل، كما أنها تبكر في نضجها، وتستمر عملية البناء الضوئي تحت هذه الظروف بالرغم من أن معدلها يهبط إلى أدنى قيمة له في منتصف الليل.

- نباتات النهار الطويل ونباتات النهار القصير

Long - and Short - days' Plants

تحتاج بعض النباتات إلى أيام ذات نهار طويل لكي تتم عملية الإزهار والإثمار بنجاح، بالرغم من أنها تنمو نموا خضريا وفيرا في الأيام ذات النهار القصير. فنباتات اللفت والسوسن والبرسيم الأحمر، وكذلك الحبوب الصغيرة والسبانخ- تعتبر كلها أمثلة نموذجية لهذا النوع من النباتات، فتزهر هذه النباتات بانتظام في الأيام ذات الفترات النهارية الطويلة، أي: تقع في أواخر فصل الربيع وأوائل فصل الصيف، ومع ذلك يمكن

حمل هذه النباتات على الإزهار والإثمار في منتصف فصل الشتاء إذا ما استعمل ضوء صناعي وذلك لإطالة فترات الإضاءة النهارية.

والنباتات ذات النهار القصير مثل الشبيط Xanthium والطباق Nicotiana لا تنمو خضريا في الأيام ذات النهار الطويل، ولا تزهر في العادة إلا إذا تعرضت للنهار القصير. وتنطبق هذه الحقيقة على مجموعة كبيرة من النباتات تشمل معظم الحوليات الصيفية التي تتأخر في إزهارها، وقد أمكن بالتجربة حمل هذه النباتات على الإزهار في منتصف فصل الصيف، وذلك باستبعاد ضوء الصباح الباكر أو ضوء المساء المتأخر ولمدة بضع ساعات يوميا، أما إذا ظلت هذه النباتات فترة زمنية مماثلة(أو لمدة ٤–٥ ساعات) في منتصف النهار فإن ذلك يؤدي بصفة جوهرية إلى تقصير فترة النمو الخضري، فإذا زرع نبات مثل الطباق في أيام ذات نهار قصير فإنه يزهر خلال ٦٠ يوما من إنباته بالرغم من تقزم قامته، أما إذا زرع في أيام ذات نهار طويل فإنه يستمر في نموه وقد يصل ارتفاعه إلى ٤٥٠ سم.

١/٣/١/١/٤ الرطوبة الجوية Humidity

يسمى الماء الموجود بالهواء على شكل بخار– بالرطوبة الجوية. وهي من أهم العوامل ذات التأثير المباشر على شدة النتح، ويحدد النتح بدوره في كثير من الأحوال ما إذا كان باستطاعة النبات أن يعيش في بيئة ما أم لا. ونظرا للوسط الغازي الذي يوجد به بخار الماء الجوي فإن توزيعه في الجو يكون أكثر انتظاما من توزيع الماء السائل في التربة، وتتذبذب كميته لنفس السبب أيضا في مجال أوسع، كما تختلف رطوبة الهواء عن ماء التربة أيضا– فإن جانبا من هذا الأخير غير ميسر للنبات، بينما جميع رطوبة الجو ذات تأثير على النبات؛ إذ إنها تمثل العامل الخارجي الذي يتحكم في فقد الماء من المجموع الخضري.

وتسمى الكمية المطلقة من الماء الموجود بالهواء (بالرطوبة المطلقة)، ويعبر عنها بوزن الماء الذي يحتويه المتر المكعب من الهواء، وليست لهذه الرطوبة المطلقة من الأهمية كعامل بيئي– ما للرطوبة النسبية Relative Humidity؛ إذ إن الأخيرة هي التي تحدد ما إذا كان المناخ رطبا أم جافا، وقد تكون الرطوبة المطلقة في إحدى الصحاري مساوية لكميتها في منطقة من تلك المناطق التي تعتبر رطبة، ولكن الرطوبة النسبية تختلف فيها اختلافا كبيرا، وتقاس الرطوبة النسبية بالنسبة بين كمية بخار الماء الموجود في حجم معين من الهواء عند

درجة حرارة خاصة وضغط جوي خاص، والكمية اللازمة لتشبعه ببخار الماء في هذه الظروف. فمعنى ٥٠٪ رطوبة نسبية مثلا أن الهواء يحتوي على نصف كمية البخار اللازمة لتشبعه، وكلما قلت الرطوبة النسبية زادت السعة التي يتبخر بها الماء من الورقة الناتحة أو من سطح تربة مبللة.

- تأثير عوامل البيئة على الرطوبة الجوية

تتأثر الرطوبة الجوية كثيرا بمختلف عوامل البيئة؛ كدرجة الحرارة والرياح والتعرض للشمس والكساء الخضري والمحتوي المائي للتربة، فارتفاع درجة الحرارة يرفع السعة المائية للهواء، أي: كمية بخار الماء اللازمة لتشبع حجم معين منه، وبذلك تهبط الرطوبة النسبية، وفي ذلك تفسير لازدياد كمية المطر على سفوح الجبال المواجهة للرياح تبعا للارتفاع؛ إذ إن درجة الحرارة تنخفض بالارتفاع فيؤدي انخفاضها إلى ارتفاع الرطوبة النسبية حتى تصل إلى درجة التشبع، وتنخفض الرطوبة النسبية أثناء النهار مع ارتفاع درجة الحرارة، كما ترتفع أثناء الليل مع برودة الهواء، أي أن العاملين: درجة الحرارة والرطوبة النسبية- متغيران في اتجاهين متضادين.

وقد يصبح الهواء مشبعا بالماء إلى حد تكاثف الندى أثناء الليل حتى في الطقس الجاف نسبيا إذا هبطت درجة الحرارة ليلا بمقدار كبير، وفي وجود وزن معين من بخار الماء بالهواء يزداد النتح من النبات والتبخر من التربة إذا زادت درجة الحرارة؛ وذلك نتيجة لما يسببه العامل الأخير من هبوط الرطوبة النسبية.

وللرياح أيضا تأثير بالغ على رطوبة الجو؛ فالرياح الجافة تنقص الرطوبة لطردها الهواء الرطب المحيط بالنبات، وخلطه بالهواء الجاف الذي تنقله، وفي ذلك تنشيط للنتح، ولما كانت شدة الرياح تزداد تبعا للارتفاع عن سطح الأرض- فإن الأشجار تعاني كثيرا من الجفاف، بينما لا تتعرض النباتات المنخفضة والزاحفة لمثل هذا العناء، ويزداد النتح كثيرا كما يقل النمو على سفوح الجبال المواجهة للريح ولذلك لا تنمو الغابات على تلك السفوح، ويقتصر وجودها على السفوح البعيدة عن الرياح، أما الرياخ الرطبة فذات تأثير مضاد، مثال ذلك أنه إذا هبت رياح من مسطحات مائية واسعة وكان هبوبها مستمرا أو كثير الحدوث- فإنها تسمح بنمو نباتات وسطية Mesophytes في مناطق لولاها ما

أنتجت غير نباتات جفافية Xerophytes. كذلك تؤثر درجة التعرض للشمس على الرطوبة الجوية للبيئة، فالسفوح التي لا تتعرض لأشعة الشمس أطول وقت ممكن - وهي عادة سفوح جنوبية - تأخذ بنصيب وافر من الحرارة، ولذلك تكون رطوبتها أقل من رطوبة السفوح الشمالية، وفي الوقت نفسه تكون تلك السفوح الجنوبية أكثر جفافا لهبوب الرياح الجافة عليها، وبذلك يتضافر التعرض للشمس وللرياح الجافة على إنقاص الرطوبة النسبية في بيئة السفوح الجنوبية، كما يجعلها أقل ملاءمة لنمو النبات من السفوح الشمالية.

يزيد الكساء الخضري للرطوبة بإضعافه تأثير درجة الحرارة والرياح، وبالإضافة إلى ذلك يمد الكساء الخضري الهواء بالرطوبة عن طريق النتح من سطوح النباتات التي يتكون منها، ولما كان الكساء الخضري ينتج كميات وفيرة من الماء- فإن الرطوبة النسبية بين النباتات وفوقها مباشرة تكون أعلى منها فوق أرض جرداء غير مكسوة بالخضرة.

يعمل التبخر من سطح التربة الرطبة على زيادة الرطوبة الجوية، ويلاحظ ذلك بنوع خاص في الغابات والأحراش؛ حيث تحجب النباتات الشمس والرياح عن سطح الأرض، ويكون الهواء القريب من سطح الأرض عادة أكثر رطوبة من الهواء البعيد الذي يوجد في مستوى هامات الأشجار.

تكون المناطق الساحلية عادة رطبة شريطة ألا تهب الرياح من الداخل، أي: من ناحية الأرض باستمرار، والمناطق الداخلية، أي: البعيدة عن ساحل البحر تكون جافة عادة، كما تكون الأراضي المنخفضة أكثر رطوبة والجبال أقل رطوبة، وتبلغ الرطوبة النسبية في أية بيئة درجة التشبع أو تقاربها- أثناء المطر والضباب، ولكنها في الغالب تتناقص بعد ذلك تدريجيا حتى تبلغ حدها الأدنى قبيل العاصفة المطيرة التالية مباشرة، وهناك عدا ذلك حد أقصى وآخر أدنى للرطوبة النسبية يوميا، ويحدث أولهما قرب الشروق والثاني بين الثانية والرابعة بعد الظهر، أي: في عكس الأوقات التي يحدث فيها الحدان: الأقصى والأدنى لدرجة الحرارة.

- طرق قياس الرطوبة النسبية

أكثر الأجهزة استعمالا في قياس الرطوبة النسبية هو (الهيجرومتر) ذو الترمومترين:

المبلـل والجـاف Hygrometer With wet and dry bulbs ويتركـب مـن ترمـومترين لأحدهما خزان مبلل، وللآخر خزان جاف داخل صندوق، ويحاط الترمومتر المبلل عـادة بغلاف من الشاش أو الكتان يتصل بخزان صغير مملوء بالماء المقطـر بوسـاطة حزمـة مـن الخيوط القطنية، ويرتفع فيها الماء من الخزان بالخاصية الشعرية؛ ليعوض ما يفقد بـالتبخر من ماء الغلاف، وبذلك يظل الأخير مشبعا باستمرار، ويعمل تبخر الماء من الغلاف عـلى خفض درجة حرارة الترمومترين مقياسا لنقص بخار الماء بالهواء تحت درجة التشبع، فإذا كانت درجة الحرارة التي يقيسها الترمومتران واحدة- فإن الهواء يكون مشبعا، وكلـما زاد الهواء جفافا زاد الفرق بين قراءتيهما، وهناك جداول تحـسب منهـا الرطوبـة النـسبية عـلى أساس درجة الحرارة الجوية، والفرق بين قـراءتي الترمـومترين المبلـل والجـاف. ويمكـن الحصول على تسجيل مستمر للرطوبة باستعمال مقياس الرطوبة المسجل (الهيجروجراف) Hygrograph، وفي أغراض المقارنة بين الحـرارة والرطوبـة فـإن جهـاز قيـاس الرطوبـة والحرارة المسجل أو الهايجروترموجراف Hygrothermograph هو الأكثر ملاءمة؛ حيث يتم فيه تسجيل درجتي الحرارة والرطوبة النسبية على لوحة واحدة.

١/٣/١/١/٥ : الرياح The Winds

الرياح عامل بيئي على أكـبر جانـب مـن الأهميـة خاصـة في الـسهولة المـستوية وعـلى شواطئ البحار ومرتفعات الجبال، وهي تؤثر على النباتات تـأثيرا مبـاشرا بتنـشيط النـتح والتبخر، مما يؤدي إلى ازدياد فقد الماء من التربة والنبات، وكذلك لما تـسببه للنباتـات مـن أضرار ميكانيكية، وبمعاونتها على التلقيح وانتـشار البـذور والـثمار. وهنـاك عـدا ذلـك تأثيرات أخرى غير مباشرة كتأثيرها على الرطوبة النسبية عـن طريـق نقلهـا لكتـل الهـواء الساخن أو البارد من مكان إلى مكان، وتحريكها للضباب والسحب التـي تغـير الرطوبـة وشدة الضوء، كما تغير الرياح أيضًا درجـة الحـرارة عـلى شـواطئ البحـار وتخلـط الهـواء الرطب بالهواء الجاف.

تتوقف سرعة الرياح على عدد كبـير مـن العوامـل مـن بينهـا العوامـل الطبوغرافيـة، والقرب أو البعد من ساحل البحر، كما تزداد سرعـة تحـرك الهـواء بانتظـام وتبعـا لزيـادة

الارتفاع عن سطح الأرض. وفي حقيقة الأمر يجب أن يؤخذ هذا العامل في الاعتبار عند تفسير المشاهدات الخاصة بالحالة النباتية لمنطقة من المناطق، وتكون قمم الجبال العالية في الغالب عارية من النباتات بسبب تعرضها لرياح ذات السرعة المتطرفة.

- طرق قياس الرياح

تقاس سرعة الرياح بجهاز يسمى : (مقياس الرياح أنيموميتر Anemometer) الذي يتركب من عدد من الكئوس النصف كروية، تتصل بأذرع متحركة وتدور في مستوى أفقي بتأثير حركة الهواء، وتتصل الأذرع في مركز الجهاز بقائم رأسي يدير عدادا، وتقرأ عليه سرعة الرياح، وهناك أيضا أجهزة تسجيل كهربائية تقيس سرعة الرياح وتسجلها تسجيلا مستمرا.

أضرار الرياح

(أ) التجفيف Drying

يعتبر التبخر في الهواء الساكن مجرد عملية انتشار بسيطة، ولكن عندما يكون الهواء متحركا- تتأثر العملية كثيرا بالتيارات، وتعمل الرياح على زيادة معدل التبخر بإزالة طبقات من الهواء البارد الرطب المتجمعة حول سطح النبات، كذلك تثني الرياح الأوراق مسببة تقلصا وانقباضا متعاقبين في الفراغات البينية، تؤدي إلى طرد الهواء المشبع بالماء خارج الأوراق، ودخول هواء جاف يحل محله، وتصبح كفاية الأدمة عاملا بالغ الأهمية في تحديد مقاومة النبات للجفاف عندما تشتد الرياح؛ وذلك لأن الثغور تنغلق عادة عندما تزداد سرعة الرياح كثيرا، وبذلك يصبح النتح كله أدمي، هذا ويؤدي استمرار هبوب الرياح الجافة على النبات إلى قتل جميع الأوراق والسيقان الضوئية في ساعات قليلة بسبب زيادة النتح على الامتصاص، كما تضر بالثمار أو تعمل على إسقاطها، ويصبح من الصعب على النبات أن يحتفظ بالتوازن المائي داخل أنسجته.

(ب) التقزم Dwarfing

لا يحدث التقزم في النبات إلا بفعل الرياح التي تهب خلال الفترة التي تكبر فيها الخلايا وتجتاز طور البلوغ، وتنشأ عن اختلال في التوازن المائي الداخلي، وقد يبلغ ببعض الأشجار حدا لا يزيد فيه حجم الشجرة التي تبلغ من العمر قرنا كاملا على حجم شجيرة صغيرة. وينطوي التقزم على نقص في كمية المادة الجافة المنتجة، كما قد تصحبه زيادة في عدد الأفرع الثانوية.

(ج) التشويه Deformation

عندما تتعرض الأعضاء الخضرية النامية لرياح شديدة تهب من اتجاه ثابت- فإن شكل الأعضاء ووضعها قد يتغير تغيرا مستديما، ويسمى ذلك بالتشويه، ولا يشترط أن يكون التشويه مصحوبا دائما بالتقزم؛ وذلك لأن الرياح الرطبة يمكن أن تحور شكل المجموع الخضري دون أن تختزل حجمه اختزالا يذكر. وكثيرا ما نشاهد أشجارًا ذات جذوع مائلة على الهضاب وشواطئ البحار؛ حيث الرياح شديدة ومستمرة، ومثل هذه الأشجار تحدد بنموها غير المنتظم اتجاه الرياح السائدة.

ولا يقتصر تأثير الرياح على الأشجار وحدها بل يتعداه إلى نباتات المحاصيل النجيلية أيضًا كالقمح والشعير وقصب السكر؛ حيث يعمل على تفلطحها على سطح الأرض، وقد يحدث هذا الانبطاح مبكرا أو متأخر أثناء نمو المحصول وتنشأ عنه أضرار جسيمة.

(د) التكسر Breaking

تتوقف قابلية النباتات للكسر تحت وطأة الرياح على تركيبها التشريحي، فإذا كان الخشب هشًا قليل التغلظ- فإن الأشجار تكون أكثر استعدادًا للكسر، أما النباتات التي تحتوي على كثير من الأنسجة الإسكلارانشيمية، وخاصة إذا كانت هذه مرتبة في أغماد سميكة حول الأسطوانة الوعائية أو في أجزائها الخارجية- فإن قابليتها للتكسر بفعل الرياح تكون أقل، وتتعرض للكسر بفعل الرياح بنوع خاص- الأشجار المصابة بأمراض حشرية أو فطرية، وقد تقتلع الأشجار والشجيرات تماما تحت تأثير الرياح، ويشاهد ذلك كثيرا في صحارينا المكشوفة، حيث التربة الرملية جافة سهلة التآكل، والنباتات ضحلة الجذور، ويحدث ذلك عندما تهب العواصف التي تبلغ سرعتها أكثر من ٦٠ كم في

الساعة؛ إذ تقتلع هذه العواصف النباتات اقتلاعا في لمح البصر، ويكون أثرها في تدمير الكساء الخضري بالغ الخطورة.

(هـ) البري Abrasion

ينتج هذا الأثر عن حمل الرياح لحبيبات التربة وقذفها بشدة على النباتات مسببة تأكلها، وتعاني طائفة كبيرة من نباتاتنا الصحراوية ونباتات المناطق الساحلية الشيء الكثير من هذا الضرر، فالحبيبات الرملية تحدث ثقوبا بأوراق النباتات، كما أن حبيبات الرمال الدقيقة تستقر أحيانا في ثقوب الثغور وتبقيها مفتوحة باستمرار، وفي الأشجار الخشبية يتآكل القلف في الناحية المواجهة للرياح، ولأن هذا التآكل أشد ما يكون على ارتفاع قليل من سطح الأرض، وأحيانا يظهر أثره كحفرة غائرة على سطح الجذع في مواجهة الرياح، فإن كثيرًا من المحاصيل المنزرعة على تربة رملية في منطقة معرضة للرياح ما تتلف لهذا السبب.

(و) التآكل Erosion

يمنع الكساء الخضرى المستديم تآكل التربة وتحركها وانتقالها بفعل الرياح، ولكن عندما يخف الكساء أو يزال ولو في موضع أو مواضع محدودة فإن الرياح تحدث تآكلا وحفرًا في التربة، وتسبب تعرية جذور النباتات القريبة منها، مما يؤدي إلى موتها وتوسيع الرقعة العارية، وتنقل التربة المتآكلة إلى أماكن أخرى، حيث تتجمع حول نباتات جديدة، وقد تستطيع هذه النباتات الأخيرة أن تتغلب على الأضرار الناجمة عن تجمع التربة فوقها ومن حولها، وذلك بإنتاج أجزاء خضرية جديدة على مستوى يعلو إنتاج سطح الرمال المترسبة باستمرار، ولكن بعضها لا يستطيع احتمال نقص التهوية الناتجة عن ردم الأجزاء الخضرية فتموت وتندثر، أما النباتات التي تحتمل ترسيب الرمال فتجمع حولها غرودا رملية صغيرة أو كبيرة حسب الأنواع، وتكون جذورا عرضية على الساق في مستويات تزداد ارتفاعا كلما تقدم ترسيب الرمال. وتشاهد هذه الغرود بكثرة على السواحل وفي السهول الصحزاوية، ويحمل كل غرد نوعا أو عدة أنواع من النباتات.

وقد تسلخ الرياح الأرض سلخا في مساحات شاسعة من الحقول؛ لترسيبها في أماكن أخرى، فتتلف بذلك المحاصيل في الحقول التي يحدث فيها التآكل، وفي تلك التي يحدث فيها الترسيب على السواء.

(ز) الرذاذ الملحي Salt Sprays

تشاهد هذه الظاهرة على شواطئ البحار والمحيطات، حيث تحمل الرياح الرذاذ المتناثر من الأمواج التي ترتطم بالساحل بعيدا، فتلقيه على النباتات التي تعيش على مقربة من البحر. ولما كان هذا الرذاذ محملا بالأملاح فإنه يسبب أضرارا بالغة للنباتات الحساسة للأملاح، وتقل كمية الأملاح التي يحملها الهواء كلما زاد البعد عن الساحل. وقد وجد أن النباتات تختلف في درجة تأثرها برذاذ الماء الملح، وأكثر النباتات احتمالا لذلك هي أقربها إلى البحر، أما النباتات الحساسة فلا تستطيع أن تنمو قريبا من البحر.

- الرياح والتلقيح والانتشار Wind Pollination and Dissemination

للرياح- إلى جانب مضارها العديدة- بعض الفوائد، ومن أهم هذه الفوائد أنها تستعمل أداة لتلقيح الأزهار وانتشار البذور والثمار في بعض النباتات، ويحدث التلقيح الهوائي في كثير من النباتات الزهرية، حيث تنتقل حبوب اللقاح التي تنتجها هذه النباتات من المتك إلى الميسم بواسطة الهواء. وفي المناطق الباردة تلقح معظم النباتات من أشجار وشجيرات وأعشاب بواسطة الرياح، وقد تنتقل حبوب اللقاح بهذه الطريقة مئات الأميال، وخاصة إذا حملتها تيارات الهواء إلى الجو الطليق في الطبقات العليا، ويتسع المجال لانتشار كثير من النباتات العشبية وجراثيم كثير من الفطريات المسببة للأمراض وغيرها، بطريقة التلقيح الهوائي، وتحمل الجراثيم عادة إلى ارتفاعات شاهقة ومسافات بعيدة. هذا وتقوم الرياح بدور مهم في انتشار الأمراض الفطرية التي تصيب النباتات كأمراض الصدأ بين مختلف الأقطار؛ إذ وجد أن كثيرا من أمراض الصدأ التي تصيب نباتات القمح في مصر - مثلا- تنتقل إليها بواسطة الرياح التي تحمل جراثيمها من بلدان حوض البحر الأبيض المتوسط المجاورة.

- مصدات الرياح Windbreaks

كثيرا ما تغرس الأشجار والشجيرات خصيصا في الجهات الرملية ذات الرياح القوية

المستمرة حول الحقول والبساتين أو القرى والمراعي؛ وذلك للوقاية من أضرار الرياح، وتعرف هذه الأغراس بمصدات الرياح وهي تقام كثيرا في بعض السواحل مثل السواحل الشمالية بمصر، وكذا بالواحات البعيدة عن البحار، حيث توجد مصدات كثيرة للرياح فيها، وقد وجد أن الرومان في ٣٣٠ ق.م- قد أدخلوا أشجار الحور Populus euphraticus في واحة سيوة في مصر، واستخدموها كمصدات للرياح وتثبيت للكثبان الرملية المتحركة.

١/٣/١/١/٦: التبخر Evaporation

تتوقف قوة التبخر على عدد من العوامل أهمها درجة الحرارة والرطوبة النسبية وقوة الرياح والطاقة الشمسية، وتمثل هذه القوة مقدرة الهواء الجوي على التجفيف(تجفيف التربة وتجفيف النبات ولكليهما أبلغ الأثر في حياة النبات)، والواقع أن النباتات المتباينة تختلف في استجابتها؛ وذلك بسبب اختلافها في حركة الثغور وكثافة العصارة الخلوية والمحتوى الفردي للخلايا والجفاف المؤقت، وغيرها.

- قياس التبخر

يقاس التبخر بطرق عدة، ففي بعض محطات الأرصاد يقاس بفقد الماء من سطح مائي حر في إناء عميق، ويعبر عن الناتج بالملليمترات، كما يعبر عن المطر للمقارنة؛ إذ إن التبخر عكس المطر، ولما كان سطح الماء في الإناء يعكس معظم الطاقة الإشعاعية عليه، بينما الأجسام الملونة كالنباتات تمتص الطاقة الإشعاعية الساقطة عليها- فإن سرعة فقد الماء من الإناء تختلف كثيرا عن سرعة فقده من النبات في مدى تأثرها بالأشعة الشمسية. ومن ناحية أخرى، ولما كان الماء في إناء التبخر عميقا- فإن التغيرات الحرارية في تلك الكتلة المائية الكبيرة تكون أقل منها في الجو ولا تكون سريعة الاستجابة للتقلبات الجوية، أما الأوراق النباتية فإنها تستجيب لتلك التقلبات بسرعة، وقد أمكن التغلب على هذه الصعوبات باستعمال إناء أسود غير عميق، ووجد أن التبخر من مثل هذا الإناء كان متفقا إلى حد كبير مع سرعة النتح من النباتات.

وفي عام ١٩١٥ اخترع الأمريكي ليفنجستون جهازا بسيطا لقياس التبخر سماه الأتموميتر Atmometer. ووجد أن هذا الجهاز يستجيب للعوامل الخارجية بطريقة تشبه إلى حد ما طريقة استجابة الجسم النباتي ، كما وجد أنه يمتاز بمميزات كثيرة على الإناء ذي

السطح المائي الحر، فهو يقيس بدقة مجموع تأثيرات العوامل الجوية التي تعمل على انتزاع الماء من جسم النبات.

يتركب مبخر ليفنجستون من كأس خزفي مسامي، ويحسن أن يكون كروي الشكل، تمده بالماء من أسفله أنبوبة ممتدة في خزان من الماء المقطر، وعندما يتبخر الماء من سطح الكأس الخزفي يهبط مستوى سطح الماء في الخزان، وتقاس كمية الماء المتبخر؛ إما بمقدار الانخفاض في مستوى سطح الماء بالخزان أو بمقدار النقص في وزن الجهاز كله، وذلك بوزنه على فترات منتظمة متتالية، ويعبر عن سرعة التبخر؛ إما بالسنتيمترات المكعبة أو بالجرامات في الساعة أو اليوم من سطح مبخر عياري، وأدخلت تحسينات كثيرة منذ عام ١٩١٥ على مبخر ليفنجستون (Livengstone) من بينها تفادي الأخطاء التي قد تنجم عن امتصاص الكأس الخزفي للأمطار عند وضعه في الحقل في مكان مطير مكشوف، وذلك بوضع صمام زئبقي خاص داخل أنبوبة التوصيل، يسمح بتحرك عمود الماء في الأنوبة إلى أعلى، ولكنه يمنع تحركه إلى أسفل وبذلك يمنع دخول ماء المطر إلى الخزان.

بالإضافة على مبخر ليفنجستون- هناك مبخر آخر شائع الاستعمال في محطات الأرصاد الجوية يعرف بمبخر بيش Piche Evaporimeter، ويعطي هذا المبخر قراءات سريعة ويمكن استعماله ووضعه داخل الغطاء النباتي، وهو بسيط التركيب سهل الاستعمال، يلائم بنوع خاص الأرصاد التي تستمر لفترات محدودة. ويتركب مبخر بيش من أنبوبة زجاجية مدرجة تتصل في طرفها السفلي بقرص من ورق رشح أبيض أو أخضر، ويظل القرص دائما مبتلا بالماء الذي يصل إليه من الأنبوبة الزجاجية. وتقاس كمية التبخر بقراءة تدريج الأنبوبة مباشرة على فترات منتظمة، مدة كل منها نصف ساعة أو أكثر حسب مقتضيات التجربة، ويعبر عن النتائج بالملليمترات عمقا أو بالسنتيمترات المكعبة في الساعة أو في اليوم.

- علاقة التبخر بتوزيع النباتات Evaporation and Vegetation Distribution

لا يتقصر تأثير التبخر على فقد الماء من النبات عن طريق النتح فحسب، ولكنه يعمل أيضا على إنقاص المحتوى المائي للتربة. وللأثر الأخير أهمية بالغة في المناطق الجافة بنوع خاص، ويعبر التبخر إلى حد بعيد عن كفاية المطر في أية منطقة وخاصة عندما يكون المحتوى المائي للتربة قليلا، فكلما زاد الحد الأدنى لكمية المطر اللازمة لإنتاج نوع من الكساء الخضري أو التكوينات النباتية كغابات السفانا العالية وما إليها كلما زادت أهمية هذا الأثر ولشدة التبخر الجوية علاقة وثيقة أيضًا باحتياجات النباتات المائية، أي: بكمية

الماء اللازمة له طول حياته لإنتاج قدر ما ينتحه النبات طول حياته مقابل كل كيلو جرام ينتجه من الوزن الجاف؛ إذ إن هذه الكميات من الماء تتوقف على شدة النتح، ويتوقف الأخير بدوره على شدة عوامل التبخر الجوية.

- النسبة ما بين النتح والتبخر Transpiration – Evaporation Ratio

تعتبر هذه النسبة كاشفًا دقيقًا لدرجة جفاف منطقة من المناطق، وتعطي فكرة عن العلاقات المائية السائدة في الوسط الخارجي الذي يعيش فيه النبات، وتختلف كثيرا في المناطق المختلفة وكذلك في مختلف التكوينات النباتية، فهي أعلى ما تكون في المستنقعات القطبية في الغابات ثم في أراضي الحشائش، والبراري ثم في السفانا وبأقل ما تكون في الصحاري، وقد أمكن- على أساس هذه النسبة- تقسيم مناطق العالم وقاراته إلى مناطق مناخية محدودة، ووجد أن هذا التقسيم يحدد أيضا التكوينات النباتية الرئيسة في تلك المناطق والقارات.

١/٣/١/٢ العوامل الموقعية – Physiographic Factors

تشمل العوامل الموقعية لمنطقة من المناطق ما يلي:

١/ ٣/ ١/ ٢/ ١ الحالة الطبوغرافية Topography

١/ ٣/ ١/ ٢/ ٢ حالة التعرض Exposure

١/ ٣/ ١/ ٢/ ٣ انحدار مستوى التربة Soil Level

١/٣/١/٢/١ الحالة الطبوغرافية Topography

للاختلافات الطبوغرافية تأثير كبير على الكساء الخضري؛ وذلك لأنها تقسم البيئة العامة إلى بيئات موضعية متباينة ومتميزة، ومن أهم آثار الاختلافات الطبوغرافية ما يلي:

(أ) اختلاف الكساء الخضري بالوديان– Vegetation of The Wadis.

تكون الوديان العميقة الضيقة- عادة- محمية من تأثير العوامل الجوية المختلفة، محتجبة عن تأثير الرياح، وتربتها عميقة بسبب ما تجمع فيها من أتربة التي تحملها إليها الرياح وترسبها فيها، والتي تحملها إليها مياه الأمطار والسيول ومياه الانسياب السطحي، ومواردها المائية غزيرة نسبيًّا، ولذلك تمثل هذه الوديان بيئة أكثر ملاءمة لنمو النباتات من بيئة المرتفعات والسفوح القائمة على جانبيها، ومن هنا كانت نباتات الوديان كثيفة، غزيرة، ومتعددة الأنواع والأفراد، كبيرة التغطية، إذا قورنت بالمرتفعات والسفوح

المحيطة بها، على أن بعض الوديان تمتد أحيانا في اتجاه الرياح السائدة، وفي هذه الحالة يكون تأثير الرياح على الكساء الخضري الذي يغطي قاعها أشد منه على الكساء الذي يغطي جوانبها، مما يجعل النباتات أضعف والتغطية النباتية أقل على القاع.

(ب) تأثير المناخ الموضعي بالحالة الطبوغرافية-

Micro - Climate and Topography

يختلف المناخ الموضعي كثيرا في مدى بضعة أمتار على الأراضي غير المستوية، ففي حماية صخرة أو كثيب صغير يكون هناك اختلاف مهم في تأثير الرياح، ويمكن نباتا أوجماعة من النباتات من النمو في جهات ما كانت لتنمو تحت الظروف العامة للبيئة، لولا هذه الحماية الموضعية، وتلاحظ هذه الظاهرة كثيرا في الصحاري المصرية وسواحلها حيث تغزوها النباتات ويزداد حجمها من الناحية الواقعة خلف المرتفعات التي تعترض اتجاه الرياح، بينما تقل النباتات ويصغر حجمها من الناحية المواجهة للريح، كذلك يلاحظ أن التغطية النباتية قليلة جدا على قمم الهضاب الصخرية المعرضة، وتزداد بالتدريج كلما هبطنا على السفح الأرضي بالصحاري، ويؤدي ذلك إلى اختلاف شاسع في توزيع النباتات؛ وذلك بسبب تجمع المطر والأتربة التي يحملها الماء والرياح في المنخفضات وحدها، فينتج عن ذلك غزارة النباتات في المنخفضات بينما تظل المرتفعات عارية من الكساء الخضري.

(ج) تأثير الارتفاع – **Effect of Height**

ينخفض متوسط درجة الحرارة بمقدار ثابت لكل مائة متر من الاتفاع، ويسبب هذا النقص في درجة الحرارة نقصا في فترة النمو الخضري للنباتات، ويؤدي قصر هذه الفترة غالبا إلى إسراع الوظائف الحيوية خاصة: الإزهار والإثمار، لذلك تحدث هذه الظاهرة في المستويات العالية على الجبال- ظاهرة إسراع الإزهار والإثمار- تماما كما في الصحاري عديمة الأمطار، وقد وجد أيضا أن قدرة البذور على الإنبات تقل، وتنقص قدرة البادرات والبراعم على النمو تدريجيا بالارتفاع. وتختلف طرز التكوينات النباتية في المناطق الجبلية العالية تبعا للارتفاع، ففي المستويات المنخفضة من السفوح توجد الغابات الكثيفة التي تستمر حتى ارتفاع معين لا تتجاوزه ويعرف بحد الأشجار Tree Line، ويختلف هذا الأمر في المناطق المختلفة من العالم تبعا للأحوال المناخية، وفوق هذا المستوى توجد نباتات شجيرية أو عشبية أقل غزارة من النباتات، وعلى قمم الجبال العالية حيث

تنخفض درجة الحرارة انخفاضا شديدا، ويزداد التعرض وتوجد الثلوج المستديمة، ويختفي الكساء الخضري أو يقل كثيرا، ويمثل بنباتات ضئيلة متفرقة تعيش تحت أقسى الظروف غير الملائمة.

٢/٢/١/٣/١ حالة التعرض بالمنطقة Exopsure

(أ) اختلاف الكساء الخضري على السفوح الشمالية والجنوبية

Vegetation of North and South Slopes

تحمل السفوح الشمالية للجبال كساء خضريًّا يختلف تماما عن الكساء الخضري الذي تحمله السفوح الجنوبية؛ إذ إن الاختلافات الطبوغرافية الكبيرة التي تؤدي إلى تكوين سلاسل الجبال- تؤدي إلى تحديد مناطق مناخية متباينة، فالسفوح الشمالية أبرد بكثير من السفوح الجنوبية لأنها تحجب عن أشعة الشمس الحادة في وسط النهار؛ فأشعة الشمس لا تسقط على هذه السفوح الشمالية إلا لفترة قصيرة في منتصف الصيف. وحتى في تلك الفترة لا تكون عمودية ولكنها تسقط بميل في الصباح والمساء، أما على السفوح الجنوبية فإن الشمس تسقط عمودية طول العام كما في مناخ حوض البحر الأبيض المتوسط، ولذلك تكون شديدة الحرارة وهذا الاختلاف في درجة التعرض للشمس يسبب اختلافا كبيرا ليس فقط في شدة استضاءة السفحين ولكن أيضا في درجة الحرارة والرطوبة النسبية، ولهذه الاختلافات المناخية أثرها العميق في طرز الكساء الخضري على السفحين، فعلى السفوح الشمالية توجد غابات الزان Beech العالية الكثيفة، وبها طبقات أرضية من نباتات حوض البحر الأبيض المتوسط، وهي نباتات شجيرية عشبية متناثرة، أوراقها جلدية، ذات خصائص جفافية تحفظها من التبخر، كذلك يختلف حد الأشجار Tree line كثيرا في السفوح المختلفة؛ إذ تمتد إلى مسافات أعلى في السفوح الجنوبية الدافئة منها في السفوح الشمالية الباردة.

(ب) التعرض وأثره في درجة حرارة التربة

Exposure and Soil Temperature

المعروف أن درجة حرارة سطح التربة تختلف في الأراضي غير المستوية من مكان إلى مكان بسبب اختلاف التعرض لأشعة الشمس في المواضع المختلفة، وذلك لأن الاختلافات الطبوغرافية تعمل على تظليل بعض المواضع وتعريض بعضها الآخر

لسقوط الأشعة بدرجات متفاوتة، إلا أن هـذه الاختلافـات في درجـة الحـرارة تكـون في جميع المواضع، ولكن الأمر يختلف كثيرا في حالة الاختلافات الطبوغرافية المتطرفة.كـما في سلاسل الجبال الرئيسة الشاهقة التي تفصل الهواء على جانبيها فصلا تاما، فتعمـل بـذلك على وجود ظروف مناخية على أحد السطحين للشمس والحر والجفاف بصفة مـستديمة، بينما يحجب السطح الآخر عن الشمس بصفة مستديمة أيضا، فتنخفض فيه درجة حـرارة الهواء كما تنخفض درجة حرارة التربة، فقـد تكـون الاختلافـات التـي يحـدثها اخـتلاف التعرض في درجة حرارة التربة- أهم من الناحية البيئية من الاختلافات في درجـة حـرارة الجو؛ إذ إن هذه الاختلافات تؤثر على تكوين الجذرو ونموها حتى في الأعماق البعيدة.

(ج) التعرض وعلاقته بالنباتات العالقة Exposure and Epiphytes

ويمتد أثر عامل التعرض إلى استمرار مجمعات النباتات العالقة على جذوع الأشـجار، وقد لوحظ وجود اختلافات كبيرة في معدل التبخر وفي درجة الحرارة والرطوبـة النـسبية على الجوانب، والارتفاعات المختلفة لجذع شجيرة واحدة من أشجار الحور، كـما لـوحظ اختلاف غزارة النباتات العالقـة وتوزيعهـا تبعـا لهـذه الاختلافـات في درجـة التعـرض، فالأُشن الورقية تقتصر غالبا على الجانب الشمالي الظليل، كما توجد بعض أنواع الحزازيات على الجانب الجنوبي المعرض للشمس بينما تـشغل بعـض الحزازيـات المنبطحـة- الجانـب الغربي المعرض للمطر.

٣/١/٣/١ العوامل الإحيائية The Biotic Factors

تعتبر العوامل الإحيائية من العوامل المهمة التي تؤثر على النبات؛ إذ لا يخلو نبات مـن وجود صلة بينه وبين كائن حي آخر سواء أكان نباتـا أم حيوانـا، فمـثلا تعتمـد النباتـات الخضراء على الحشرات في التلقيح كمايوجد بين النبات وبين ما يجاوره من نباتـات أخـرى تنافس في الحصول على ما يلزمه من مواد غذائيـة ومـاء. وتتبـاين العلاقـة بـين الكائنـات الحية؛ فهي إما أن تكون على تبادل المنفعة بين الطرفين أو تعود بالنفع على أحدهما والضرر على الآخر.

ويمكن تقسيم العوامل الإحيائية إلى قسمين رئيسين:

الأول: يتناول العلاقة بين نبات وآخر.

والثاني: يتناول العلاقة بين نبات وحيوان.

١/٣/١/٣/١ العلاقة بين النبات والنبات Plant/plant Relationship

هناك نوعان من العلاقة الاجتماعية بين النباتات، يعرف أحدهما بالرابطة الاعتمادية Dependent Union ويعرف الآخر برابطة المعايشة Commensal Union

(أ) الرابطة الاعتمادية Dependent Union

يقصد بهذه الرابطة أن أحد النباتات يعتمد على الآخر بأية صورة، هذا وتختلف درجة الاعتماد كثيرا ما بين اعتماد كلي- كما يحدث في النباتات المتطلفة- واعتماد جزئي- كما هو الحال في المتسلقات- وفيما يلي الصور المختلفة لهذه الرابطة الاعتمادية.

١- التطفل Parasitism

هناك طريقة من المعيشة يكون فيها أحد النباتات متطفلا على الآخر، ويعرف الأول باسم الطفيل Parasite والثاني بالعائل Host ، ويستفيد الطفيل من العائل بما يمتصه منه من مواد غذائية، بينما يلحق الضرر بالعائل، وهناك أمثلة عديدة للتطفل، مثل: الحامول (Cuscuta) الذي يسمى بالطفيل الساقي Stem Parasite لأنه يتطفل على سيقان النباتات العوائل، والهالوك (Orobanche) فيعرف بالتطفل الجذري Root Parasite؛ لأنه يتطفل على الجذور.

٢- التكافل Symbiosis

تتبادل النباتات المتكافلة (Symbiotic Plants) المنفعة؛ إذ يعتمد كل نبات على الآخر في الحصول على نوع من الغذاء، وتعرف هذه الطريقة من المعيشة بالتعاون أو التكافل. وهناك أمثلة عدة لنباتات تتبع هذه الطريقة في معيشتها.

(أ) الأُشن Lichens

حيث يتحد فطر Fungus أو أكثر مع طحلب Alga أو أكثر، ويمد الطحلب الفطر بالمواد الكربوهيدراتية، بينما يمد الفطر الطحلب بالمواد الغذائية الأخرى، والحماية من تطرف الجو وباتحاد الاثنين معا تستطيع الأُشن أن تقاوم ظروف الجفاف القاسية.

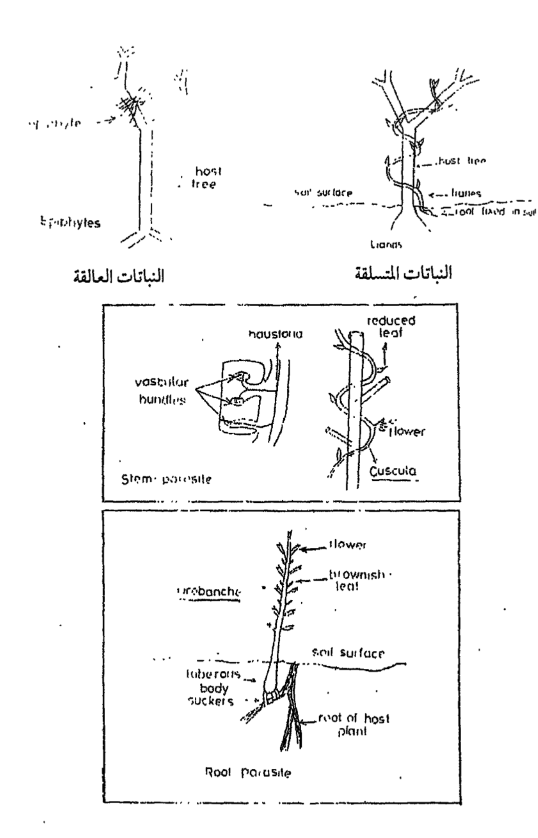
(ب) الجذر فطريات **Mycorrhizae**

يوجد نوعان من الجذر فطريات: جذر فطريات خارجية (Ectomycorrhizae)، وجذر فطريات داخلية (Endomycorrhizae) ففي الأولى تغطي الخيوط الفطرية الجذر مكونة غطاء كاملا حوله دون أن تخترق أنسجته، ولكن تحل محل الشعيرات الجذرية وتقوم بعملية الامتصاص. وفي الجذر فطريات الداخلية تعيش بعض الخيوط الفطرية داخل خلايا القشرة وتكون على اتصال بالخيوط الفطرية التي توجد على سطح الجذر، ويتم تبادل الغذاء بين الفطر والنبات الراقي، وبهذا الاتحاد يستطيع الطرفان مقاومة الظروف القاسية عما لو كانا منفردين.

(ج) يظهر على جذور العائلة البقلية عقد بكتيرية (Bacterial nodules) ويمد النبات الراقي البكتريا التي تعيش في هذه العقد بالمواد الكربوهيدراتية، وفي مقابل ذلك تمد البكتريا النبات الراقي بالمواد البروتينية التي تثبتها من النيتروجين الجوي.

(٣) النباتات العالقة **Epiphytes**

تتخذ هذه النباتات من فروع الأشجار دعامة تتعلق بها وتتدلى جذورها في الهواء وتعتمد على ماء المطر أو الندى، وما يذيبه من مواد غذائية. وهذه المواد مصدرها حبيبات التربة المتجمعة التي حملتها الرياح وما يتحلل من القلف عند السطح.



النباتات العالقة

النباتات المتسلقة

النباتات المتطفلة

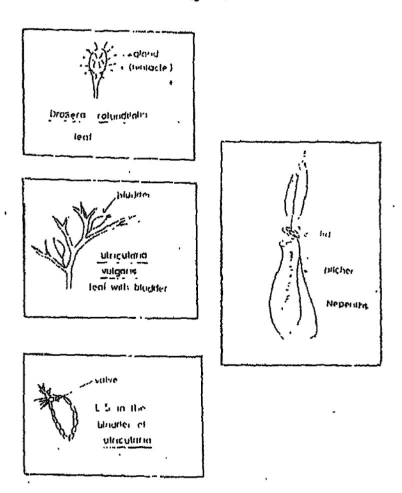


Mycorrhizae
(Endotrophic)



Bacteriorrhizae

الجذر فطريات



النبات آكلة الحشرات

٤- المتسلقات **Lianas**

هي مجموعة من النباتات الوعائية جذورها مثبتة في الأرض وسيقانها في وضع قائم

وذلك لاتخاذها نباتا أو أي شيء آخر كدعامة تتسلق عليه؛ لتحصل على أكبر كمية ممكنة من الضوء. والصلة بين النباتات هنا تعد ضعيفة، وتنقسم المتسلقات إلى متسلقات ليس لها أعضاء خاصة للتسلق (Leaners) مثل نبات البلومباجو (Plumbago)، ومتسلقات شوكية (Thorn Lianas) لها أشواك تستعملها في التسلق مثل الورد (Rosa) والجهنمية (Bougainvillea) ونباتات ملتفة (Twiners) حيث يلتف النبات المتسلق بساقه حول الدعامة مثل نبات الفاصوليا (Phaseolus)، والايبوميا(Ipomoea) ومتسلقات محلاقية (Tendril Lianas)ولها أعضاء خاصة للتسلق، تعرف بالمحاليق التي ربما تكون وريقات متحورة كما في البازلاء (Pisum) أو أعناق أوراق كما في الكليماتس (Clemati) ونبات الشمع (Cereus) ، أو سيقانا متحورة كما في العنب (Vitis).

(ب) رابطة المعايشة **Commensal Union**

إن وجود النباتات متجاورة من شأنه إيجاد تنافس بين هذه النباتات للحصول على ما يلزمها من فراغ وضوء ومواد غذائية، ويبلغ التنافس أقصاه عندما تكون النباتات المتنافسة من نوع واحد ومتزاحمة وتحتاج إلى نفس المواد الغذائية، ويصل إلى الحد الأدنى- أي يكون التنافس ضعيفا- بين النباتات التي تحتاج إلى مواج غذائية مختلفة، وكذلك بين النباتات التي تشغل أجزاؤها الهوائية طبقات مختلفة من الهواء، أو تحتل جذورها طبقات مختلفة من التربة، وبذلك يتم امتصاص الجذور من طبقات مستقلة. وقد يكون التنافس ميكانيكيا ويتمثل ذلك في تزاحم ونمو النبات القوي فوق النبات الضعيف، وينشأ التنافس دائما عندما تزيد حاجة النبات من ضوء أو ماء أو مواد غذائية عما يوجد منها فعلا، وفي البيئة الصحراوية – حيث تكون النباتات متناثرة وجذورها متباعدة- يكون التنافس ضعيفا جدا أو يكون معدوما، ويزداد التنافس بين نباتات البراري حيث تتزاحم أجزاؤها الهوائية وجذورها.

١/٣/١/٣/٢ العلاقة بين الحيوان والنبات
Animal / Plant Relationship

هناك صور عديدة تتمثل فيها العلاقة بين الحيوان والنبات وهي: رعي الحيوانات للنبات، والنباتات آكلة الحشرات، والتلقيح الحشري، وانتشار البذور والثمار بواسطة الحيوانات.

(أ) الرعي Grazing

الرعي هو أكل الحيوان للأعشاب ويطلق لفظ القضم (Browsing) على أكل الحيوان للشجيرات والأشجار، وتفضل الحيوانات بعض النباتات عن البعض الآخر، ولكل حيوان نباتات مستحبة (Palatable) في الرعي، وتتعرض الأولى للضرر الناتج عن الرعي، بينما تلك التي يُعرض عنها الحيوان لا تصاب بأذى. ويؤدي الرعي الجائر إلى تعرية التربة وتعرضها للتآكل (Erosion) والترسيب (Deposition) الناتجين عن فعل الرياح والماء. ومن ناحية أخرى تستفيد النباتات من الرعي الخفيف؛ إذ يقل حجم المجموع الخضري بالنسبة للمجموع الجذري، ويترتب على ذلك زيادة كمية الماء الممتص بالنسبة للماء المفقود عن طريق النتح مما يحسن التوازن المائي ويساعد النبات على مقاومة الجفاف.

ويتوقف تأثير الرعي على النباتات- على صورة حياتها، ففي حالة النباتات الحولية يؤدي الرعي الشديد إلى اختفاء هذه النباتات ، بينما تقاوم الحشائش التأثير المضاد الناتج عن الرعي أكثر من النباتات الحولية، بل إن الرعي المتوسط ينشط نموها، أما الأشجار والشجيرات العالية فتكون بعيدة عن متناول الحيوانات في أغلب الأحوال، وبذلك تتجنب الضرر الذي ينتج عن الرعي.

(ب) النباتات آكلة الحيوانات Carnivorous Plants

تعيش هذه النباتات في مناطق تحتوي فيها التربة على نيتروجين في صورة معقدة بحيث يصعب على النبات امتصاصه، وتلجأ هذه النباتات إلى طريقة شاذة للحصول على النيتروجين اللازم لها، وذلك عن طريق اقتناص الحيوانات الدقيقة وخاصة الحشرات، ثم تقوم بتحليلها وهضمها بواسطة الإنزيمات أو الخمائر التي تفرزها، وتكون هذه النباتات مزودة ببعض التحورات التي تمكنها من اقتناص الحشرات وسنذكر فيما يلي بعض الأمثلة.

١- النبنتس Nepenthes

يتفلطح في هذا النبات نصل الورقة عند القاعدة ويستطيل عرقها الوسطي (Midrib) خارج النصل ويصبح مجوفا عند نهايته في صورة قدر له غطاء (Lid). وتفرز الورقة رحيقا حلو المذاق يجذب الحشرات، وعندما تدخل الحشرات القدر (Pitcher) يتعذر عليها الخروج منه وتسقط في القاع، حيث يتجمع سائل يأتي معظمه؛ إما من ماء المطر أو تفرزه

الورقة، وتغوص الحشرة في هذا السائل وتبقى حتى تتحلل بفعل الأنزيمات والبكتريا وبذلك يسهل امتصاصها.

٢- الدروسيرا **Drosera**

تتغطى أوراق هذا النبات بشعيرات فريدة من نوعها تتركب الواحدة منها من عنق ينتهي برأس تفرز مادة لزجة تغطي سطحها. وإذا هبطت حشرة على هذه الشعيرات التصقت بها، وعندئذ يزداد إفراز المادة اللزجة كما تتنبه جميع أجزاء الورقة، وينشأ عن ذلك انحناء الشعيرات الأخرى للداخل حتى تلامس جسم الفريسة، وبعد بضع دقائق تكون الحشرة محاطة إحاطة تامة بكثير من الشعيرات التي تغمرها بالسائل اللزج الذي تفرزه، ويحتوي هذا السائل على إنزيم يهضم البروتينات، ويحيلها إلى مواد يسهل امتصاصها، وقد تستغرق عملية الهضم عدة أيام تعود بعدها الشعيرات ببطء إلى وضعها الأصلي متأهبة لفريسة أخرى.

(ج) التلقيح الحشري **Insect Pollination (Entomophily)**

تقوم بعض الحشرات بنقل حبوب اللقاح من زهرة إلى أخرى، وتتميز الأزهار حشرية التلقيح بحجمها الظاهر ولونها الجذاب وبرائحتها الخاصة وبإفرازها للرحيق، وكل هذه الصفات من شأنها جذب الحشرات، وبذلك تتم عملية التلقيح وتتوثق الصلة في بعض الأحيان بين النبات والحشرة لدرجة يعتمد فيها كل واحد منهما على الآخر.

(د) انتشار البذور والثمار **Seed and Fruit Dissemination**

هناك نوع من الثمار الغضة له لون جذاب وغلاف ترغب في أكله بعض الحيوانات وتكون بذورها محمية؛ إما بقشرة صلبة (في الثمار اللبية)، أو بالغلاف الداخلي الصلب للثمرة (في الثمار الحسلية) وعندما تلتهم الحيوانات هذه الثمار تمر البذور بالقنوات الهضمية دون أن تصاب بضرر، وتصل عن طريق البراز إلى التربة حيث تنبت. ومن هذا المثل يتضح الدور الذي يلعبه الحيوان في نقل البذور والثمار من مكان إلى آخر، ومن الأمثلة الأخرى تتعلق بعض الثمار كالشبيط (Xanthium) التي لها أشواك تشبه الخطاطيف بصوف أو ريش الحيوانات أو الطيور التي تقوم بنقل هذه الثمار من مكان إلى آخر تبعا لسقوط الثمر من صوف الحيوان أو ريش الطير.

٤/١/٣/١ العوامل الجوية The Atmosperic Factors

تطلق كلمة أتموسفير (Atmosphere) من الناحية البيئية ليس فقط على الإطار الغازي (الهوائي) الذي يحيط بالكرة الأرضية، ولكنه يشمل كـذلك كتـل الغـازات التـي تخـترق التربة وأنسجة النبات. والأتموسفير ضروري للحياة؛ حيث إنـه يمنـع التذبـذب اليـومي الكبير في درجات الحرارة كما يحدث في الكواكب الأخرى. ويؤدي هذا التذبذب إلى عـدم وجود حياة على ظهر هذه الكواكب. ومن ناحية أخرى لابد أن يكون هناك تبادل مستمر في الغازات ما بين الهواء الجوي والكائنات الحية.

تتأثر النباتات بالجو تأثرا مباشرا حيث يمدها بغـازي: ثـاني أكـسيد الكربـون الـلازم لعملية التمثيل الضوئي، وغاز الأكسجين اللازم للتنفس ، وتتأثر كذلك تأثرا غير مباشر حيث يؤثر على توزيع درجة الحرارة والضوء وهما العاملان المؤثران عـلى عمليـات النـتح والتلقيح والانتشار.

- مكونات الجو Constituents of The Atmosphere

يتكون الجو من الغازات الآتية:

- نيتروجين (٧٫٩٪ من الحجم الكلي).
- أكسجين (٢١ ٪ من الحجم الكلي).
- ثاني أكسيد الكربون (٠٫٠٣٪ من الحجم الكلي)
- محتويات أخرى تتفاوت نسب تواجدها تبعا للوقت والمكان وهي: (بخار المـاء - أتربة- كائنات دقيقة - حبوب اللقاح - غازات صناعية..إلخ).

تزيد النباتات الخضراء من كمية الأكسجين الموجودة بالجو الناتج من عمليـة التمثيـل الضوئي على حساب كمية ثـاني أكـسيد الكربـون؛ وذلـك لأن عمليـة التمثيـل الـضوي تستهلك كمية كبيرة من ثاني أكسيد الكربون تزيد عن كميـة الأكـسجين اللازمـة لعمليـة التنفس. ومن ناحية أخرى تخرج النباتات غير الخضراء والحيوانات ثاني أكـسيد الكربـون وتأخذ الأكسجين الضروري لحياتها.

تدخل غازات الجو إلى النباتات خلال الثغور (Stomata) والعديـسات (Lenticels)

ثم تذوب في الماء والمحاليل الموجودة في جذر الخلايا البرانشيمية، ثم ينتهي بها المطاف في البروتوبلاست بالخلية، أما الغازات التي دخلت في العمليات الحيوية بالنبات فتتركة بواسطة نفس الطريقة للجو.

- أثر التهوية على النباتات Effect of Aeration on Plants

تختلف النباتات اختلافا كبيرا بالنسبة لحاجتها للتهوية، فكثير من النباتات المائية (Hydrophytes) تنبت وتنمو في ظروف ربما تكون غير صالحة لنمو النباتات الوسطية (Mesophytes) والجفافية (Xerophytes). وهناك درجة مثلى للتهوية لكل نبات يكون نمو النبات فيها طبيعيا، أما إذا زادت أو قلت درجة التهوية عن الدرجة المثلى فإن النبات لا يكون طبيعيًّا. يؤدي نقص التهوية إلى تأثيرات مورفولوجية وأخرى فسيولوجية على النبات وهي:

(أ) تأثيرات مورفولوجية

تكون الجذور قصيرة والمجموع الجذري يشغل حيزا ضيقا. يكون عدد الجذور قليلًا جدا، ويقل عدد الشعيرات الجذرية. وكذلك لا يتمكن المجموع الجذري من اختراق طبقات التربة، وفي بعض الأحيان تمتد تفرعاته إلى أعلى باحثة عن الهواء الجوي. يشغل المجموع الخضري حيزا قليلا في الهواء، تقل معه مساحة الورقة وكذا يقل عدد البلاستيدات الخضراء.

(ب) تأثيرات فسيولوجية

يتغير تنفس الجذور من تنفس هوائي إلى تنفس لا هوائي، وتقل نفاذية الغشاء البلازمي للخلايا، وتقل مقدرة امتصاص الماء والمحاليل الغذائية بالجذور. تزيد سرعة التنفس، وتقل سرعة التلقيح ، ويختلف لون المجموع الخضري، وتضطرب نسبة الكربوهيدرات بالنبات (تقل أو تزيد).

٥/١/٣/١ عوامل التربة Soil Factors

التربة هي الطبقة السطحية غير الصلدة من القشرة الأرضية، وتختلف في سمكها من مجرد غشاء رقيق إلى عدة أمتار، وقد أصبحت تلك الطبقة بفضل عمليات التعرية ودخول المواد العضوية في بنائها صالحة لنمو النباتات، كذلك تعرف التربة بأنها خليط من

الحبيبات المعدنية (الناتجة من تفتت وتحلل الصخور) والمواد العضوية (الناتجة من تحلل البقايا النباتية والحيوانية) والمسافات البينية بين الدقائق الصلبة يملؤها الماء والهواء، بالإضافة إلى بعض الكائنات الحية الدقيقة كالبكتريا والفطريات وغيرها. وتوجد تحت التربة في العادة مواد منشئة غير جامدة تمتد فيها جذور النباتات الأكثر عمقا، وجميع النباتات الراقية تقريبا، فيما عدا النباتات المتطفلة والعالقة- تثبت جذورها بالتربة.

ترجع أهمية التربة للنباتات إلى ثلاثة أسباب:

(أ) يرسل النبات جذوره فيها، فتعمل على تثبيته وتؤمنه من فعل الرياح.

(ب) تمد التربة النبات بما يلزمه من ماء وأملاح معدنية ومادة عضوية.

(ج) تمد التربةالنبات بالهواء اللازم لتنفس الجذور؛ لأن تهوية التربة من العوامل المهمة التي تؤثر على نمو النباتات.

١/٥/١/٣/١ منشأ مادة أصل التربة Origin of Soil Parent Materials

- مادة أصل التربة Soil Parent Materials

هي الجزء الصلد من التربة الذي يتكون نتيجة تفتت الصخور، ويمثل هيكل التربة تبعا لطبيعة الصخور التي اشتقت منه. وتعتمد الصفات الفيزيقية والكيميائية للتربة على نوع الصخور التي نشأت منه. فالتربة التي تنشأ من الحجر الرملي مثلا تكون حبيباتها أكبر كثيرا ، ولذلك تكون سعتها المائية أقل وتهويتها أحسن، إذا قورنت بالتربة التي تنشأ من الحجر الجيري، فضلا عن ذلك، تكون التربة الأخيرة غنية بكربونات الكالسيوم في حين لا تحوي التربة الأولى منه إلا القليل، وهذا يؤثر في نوع الغطاء النباتي.

ويوجد نوعان أساسيان من التربة في مادتها الأصلية وهما:

- مادة أصل التربة المحلية Residual S.P.M

تتكون التربة في هذه الحالة في نفس مكانها من الصخر الذي يقع أسفلها، حيث تكون عوامل التعرية الجوية شديدة عند السطح، وتكون الطبقة السطحية متحللة طبيعيا وكيميائيا، وبزيادة العمق تكون الحبيبات المعدنية أكبر حجما وأقل تحللا.

- مادة أصل التربة المنقولة **Transported S.P.M**

يحدث التفتت في هذه الحالة، ثم ينقل الفتات من مكان منشئه، ويعاد ترسيبه في أماكن أخرى بوسائل متعددة، ومعظم هذه الوسائل يكون عملها متقطعا، لذا فإن هذا النوع يبدو في طبقات محددة لا تتداخل أو تختلط بالصخر القاعدي الذي يوجد في مكان ترسيبها.

ويتم نقل التربة بالعوامل التالية:

- الجاذبية الأرضية **Gravity**

وتسمى مادة أصل التربة في هذه الحالة مادة أصل التربة الجلمودية (Colluvial S.P.M) ، ويتم ذلك في المناطق الجبلية حيث تنفصل الصخور وتسقط لأسفل بفعل الجاذبية الأرضية، حيث تتجمع قطع الصخور المنفصلة عند السطح على هيئة ركام، وينمو على هذه التربة نباتات ذات جذور وتدية قوية؛ نظرا لتسرب الماء بدرجة عميقة، بما أن المادة الأصلية هنا كبيرة وليس لها شكل معين وغير مرتبة في طبقات متتالية.

- المياه الجارية **Running Water**

وتسمى مادة أصل التربة في هذه الحالة مادة أصل التربة الفيضية (Alluvial S.P.M)، وتتميز بما يلي: حبيباتها مستديرة؛ نظرا لاحتكاكها المستمر أثناء الانتقال- تترتب الحبيبات المعدنية في طبقات متتالية، وتتميز كل طبقة بحبيبات لها حجم معين، وقد توجد صخور وأحجار في طبقات محددة، ويعتمد هذا على سرعة التيار وعمق الماء الحامل للحبيبات.

وتوجد التربة الفيضية في السهول الفيضية والجزر الفيضية ودلتا الأنهار.

- السهول الفيضية **Flood Plains**

ترسب التيارات المائية حمولتها من الرواسب على جانبي المجرى عند حدوث الفيضانات العالية وبمرور السنين وبتكرر الفيضان والترسيب تتكون التربة الفيضية.

- الجزر الفيضية **Terraces**

عبارة عن أراضٍ مرتفعة على جانبي النهر أو الوادي الجاف، والتي كانت تغمر بالماء أثناء الفيضان العالي، أو أثناء قيام النهر أو الوادي بتعميق مجراه، وأصبحت هذه الأراضي

بعيدة عن مستوى الفيضان أو السيل العادي مكونة مصاطب تتميز بأنها غنية بالمادة العضوية والأملاح المعدنية.

- الدلتا Deltas

تتكون بترسيب حمولة المجرى المائي من الدقائق الناعمة والتي لم يتم ترسيبها في السهول الفيضية عند تقابله مع البحر مثل دلتا نهر النيل.

- الرياح Winds

تسمى حبيبات التربة المنقولة بهذه الوسيلة مادة أصل التربة الهوائية (Aeolian S.P.M) وتترسب في صورة كثبان أو لويس Loess.

١- الكثبان Dunes

تتكون من حبيبات الرمل وهي ثلاث أنواع:

(أ) الكثبان الساحلية Coastal Dunes

توجد على الشواطئ مثل الكثبان الممتدة على ساحل البحر الأحمر وساحل البحر الأبيض المتوسط.

(ب) الكثبان السهلية Plains' Dunes

توجد فوق السهول الفيضية حيث تترسب الرمال بفعل الرياح.

(ج) الكثبان الصحراوية Desert Dunes

توجد في الصحاري الداخلية كما في الواحات.

٢- اللويس Loess

تميز ضفاف الأنهار، وتتكون من حبيبات ذات لون أصفر وأدق من تلك في حالة الكثبان، كما تحتوي على كمية كبيرة من الدبال، وقد يصل سمك هذه التربة إلى أكثر من مائة قدم، وتنقل بفعل الرياح من الصحاري والسهول الفيضية (توجد سهول شاسعة مغطاة بتربة اللويس في الصين وعلى طول نهر المسيسيبي).

- الجليد:

تسمى التربة المنقولة في هذه الحالة مادة أصل التربة الجليدية(Glacial S.P.M)، تتكون في المناطق الباردة والمناطق الجبلية المرتفعة حيث ينقل الجليد المتكون أثناء حركته ما يصادفه من مواد صخرية، حيث تتجمع وتكون تربة حبيباتها مختلفة الأحجام، وهذه التربة غير مرتبة في طبقات.

- البناء الكيميائي للحبيبات المعدنية للتربة:

تتركب حبيبات التربة كيميائيا من نسبة عالية من ثاني أكسيد السيليكون، كما توجد أكاسيد الألمونيوم والحديد بنسبة أقل، وتختلف نسبة الكالسيوم والماغنسيوم في الأراضي الموجودة بالمناطق المختلفة ، ففي المناطق الجافة يوجدان بنسبة أعلى منها في المناطق الرطبة، ويوجد البوتاسيوم عادة بنسبة أقل من العناصر السابقة، أما الصوديوم والفوسفور فيمثلان بنسبة بسيطة في التربة، وهناك عناصر توجد بنسبة قليلة جدا، أو بعبارة أخرى أصبحت توجد آثار منها بالتربة ويمتص منها النبات كميات ضئيلة جدا، ولكنها لازمة في حياته، وينجم عن عدم وجودها أضرار. ومن أمثلة هذه العناصر البوروم والموليبدينوم والزنك والنحاس والمنجنيز والكوبلت واليود والفلور، هذا وتختلف نسبة المادة العضوية بالتربة تبعا لعوامل البيئة.

٢/٥/١/٣/١ تكوين التربة Soil Formtion

تنتج التكوينات الجيولوجية المواد المنشئة للتربة بواسطة (Soil Parent Materials) بواسطة عمليات التعرية Erosion وتكون هذه المواد الكتلة الأساسية للتربة وتحدد صفاتها الفيزيقية (Physical Properties) لفترة طويلة، فالمكونات الأساسية لمعظم أنواع التربة مستمدة من الصخور (أكثر من ٩٠٪) كما أن التربة العارية المجففة في الهواء مكونة من فتات الصخور التي تفتت على مر القرون ولا تزال تتفتت بفعل العوامل الطبيعية وأهمها الرياح والمياه واختلافات درجات الحرارة المتطرفة. وترافق عملية التفتت (وهي عملية فيزيقية) عملية أخرى بالغة الأهمية وهي التحلل الكيميائي؛ وذلك لأن النباتات لا تستطيع النمو في الصخور المفتتة مهما صغر حجم حبيباتها، ما لم تتحول المواد الغذائية غير الذائبة الموجودة في تلك الحبيبات إلى صورة قابلة للذوبان في الماء حتى تستطيع الجذور النباتية أن تمتصها من محلول التربة. هذا ويعقب أو يصاحب عمليتا التفتت

(Desintigration) والتحلل الكيميائي (Decompisition) وهما عمليتا هدم- عملية ثالثة حيوية (Biological Process)، وتتم بواسطة الكائنات الدقيقة بالتربة (Soil Micro-organisms) وهي عملية بناء تؤدي إلى تكوين أو بناء التربة الحقيقة True Soil.

وفيما يلي الوصف المختصر لهذه العمليات الثلاث:

التفتت: تنشأ الحبيبات المعدنية ، (وهي بمثابة هيكل التربة) من تفتت وتحلل الصخور، ويتم ذلك بعدة عوامل بينما تنشأ المادة العضوية من تحلل بقايا النباتات والكائنات الحية الأخرى، وأما الماء فالمصدر الرئيسي له هو المطر، ويتخلل الهواء حبيبات التربة عن طريق الفراغات الموجودة بين الحبيبات بعد رشح الماء منها.

وتفتت الصخور Desintigration عملية طبيعية تتم بفعل عوامل التعرية المختلفة وهي:

التقلبات في درجة الحرارة (Temptrature Changes) نظرا لأن الصخور تتركب من معادن كثيرة ولكل منها معامل تمدد، وبتعاقب التسخين (نهارا) والتبريد (ليلا)- تتفتت الصخور. وتمثل المياه الجارية وسقوط الأمطار والانسياب السطحي للثلوج وأمواج البحار- عوامل تعرية طبيعية تؤدي إلى تفتت الصخور، كما يساعد على ذلك تعاقب التجمد والانصهار للمياه بين الشقوق وفي مسام الصخور. وتعتبر الرياح من العوامل الطبيعية التي تعمل على تفتيت الصخور، فعندما تكون محملة بحبيبات الرمل فإنها تكحت الصخور التي تعترض طريقها.

ويرافق عملية تفتت الصخور عملية أخرى بالغة الأهمية، هي: التحلل الكيميائي (Desintigration)، ذلك لأن معظم النباتات لا تستطيع النمو في الصخور المفتتة مهما صغر حجم حبيباتها، ما لم تتحول الأملاح المعدنية غير القابلة للذوبان في تلك الحبيبات إلى صورة قابلة للذوبان في الماء، تستطيع الجذور امتصاصها.

ويشمل التحلل الكيميائي العمليات الأساسية التالية:

- **الأكسدة Oxidation**

يتأكسد الحديدوز إلى الحديديك باستخدام الأكسجين الجوي.

$$4Fe\ CO_3 + O_2 \longrightarrow 2Fe_2O_3 + 4CO_2$$

- الاختزال **Reduction**

عندما تكون كمية الأكسجين محدودة خصوصا في الطبقات العميقة من التربة - تختزل المواد العضوية وتتحلل ويتصاعد غاز ثاني أكسيد الكربون.

- التميؤ **Hydration**

ويشمل اتحاد الأملاح المعدنية بجزئيات الماء، مثل أكاسيد الحديد والسيليكون والألمونيوم، وغيرها.

$$2Fe_2O_3 + 3H_2O \longrightarrow 2Fe_2O_3 - 3H_2O$$

- التحلل المائي **Hydrolysis**

يحدث في حالة الأملاح ذات الشق القاعدي القوي التي تستبدل بأيون الهيدروجين في جزيء الماء.

وتنتج أحماض تساعد في تحلل الصخور.

$$CaSio_2 + 2HOH \longrightarrow H_2SiO_3 + Ca(OH)_2$$

- التكربن **Carbonation**

تتم هذه العملية باتحاد ثاني أكسيد الكربون بالأملاح القاعدية لتكوين كربونات وبيكربونات.

$$Ca(OH)_2 + 2CO_2 \longrightarrow Ca(HCO_3)(1\,1CO_3)_2$$

$$2KOH + CO_2 \longrightarrow K_2CO_3 + H_2O$$

- التشرب **Imbibition**

يؤدي تشرب الصخور المسامية للماء إلى زيادة حجمها، ويعمل ضغط التشرب إلى تشقق وتفتت هذه الصخور وتحللها.

يعقب عمليات التفتت والتحلل للصخور أو يصحبها- عمليات بيولوجية (Biological Processes) تساهم في بناء التربة وتتمضل في نمو الأُشن والحزازيات

فوق الصخور العارية، وبموتها تصير التربة مهيأة لنشاط البكتريا وكائنات دقيقة أخرى، لها القدرة على تثبيت النتروجين، وتصبح التربة صالحة تدريجيا لنمو النباتات الراقية، حيث تتحلل بقايا النباتات إلى مادة عضوية داكنة هي الدبال (Humus) وهو ضروري لبناء التربة.

كذلك تلعب ديدان الأرض والحشرات والحيوانات الصغيرة دورا مهما في بناء وتطوير التربة، فتساهم في زيادة تفتتها، وكذلك تدفع أجزاء الأوراق والحشائش إلى باطن التربة لتصبح جزءا من مادتها العضوية، وتكون المواد الغذائية في التربة مهيأة وأكثر إتاحة للنباتات في وجود الديدان والحشرات.

تتعين الصفات الكيماوية والطبيعية للتربة بأنواع الصخور التي نشأت منها، فالأراضي التي تنشأ من الحجر الرملي مثلا تكون حبيباتها أكبر كثيرًا، ولذا تكون سعتها المائية أقل وتهويتها أحسن إذا قورنت بالأراضي الطينية التي تنشأ من الحجر الجيري، وفضلا عن ذلك تكون الأراضي الأخيرة غنية بكربونات الكالسيوم، في حين لا تحوي منه الأولى سوى النذر اليسير، ومن الواضح أن لهذه العوامل تأثير عميق على نوعية وكثافة الكساء الخضري الذي يغطي نوعي التربة.

- التربة الحقيقية **True Soil**

تمثل المادة المعدنية المستمدة من الصخور- مادة التربة الأساسية وهي ثابتة إلى حد كبير، فالحبيبات التي تعرضت طويلا فوق سطح الأرض أو بالقرب منها حتى في الأراضي التي طال استعمالها في الزراعة- قلما تختلف في شيء عن حبيبات التربة العميقة التي ظلت محفوظة لم يعبث بها عابث.

يجب أن يعقب النشاط الهدمي الذي تنطوي عليه عمليات التعرية الطبيعية والكيماوية أو تصحبه- قوى بيولوجية بناءة؛ لكي يؤدي إلى بناء التربة، فتراكم مادة التربة الأصلية يعقبه أو يصحبه دخول مادة حية هي المسئولة أولًا عن العمليات النباتية في تكوين التربة. وتعيد بقايا النباتات إلى التربة أكثر مما تأخذ منها النباتات الخضراء؛ حيث تدأب النباتات طول حياتها على بناء الكثير من المواد العضوية كالسكريات والنشويات والسليلوز والدهون والبروتينات، وتعود معظم هذه المواد إلى التربة عندما يموت النبات. وتحدث المادة العضوية التي ينتجها الكساء الخضرى إلى التربة- تغيرات جوهرية فلا تعود مادة

عضوية، وسرعان ما تصبح التربة مرتعا للبكتريا والفطريات وغيرها من الكائنات الحية. ففي خلال عملية تكوين التربة تتحول بقايا النباتات والحيوانات المرافقة لها- بتأثير نشاط الكائنات الدقيقة- إلى المادة العضوية ذات اللون الداكن التي تحتوي عليها التربة، وتتراوح كمية المادة العضوية المتحللة (الدبال) في أية تربة معدنية ما بين أقل من ١٠% وأكثر من ١٥٪ من وزنها الجاف.

- للتربة الحقيقية مكونات خمس:

- حبيبات معدنية ذات أحجام متفاوتة وفي درجات متفاوتة من التحلل الكيماوي.

- مادة عضوية في درجات متفاوتة من التحلل ما بين بقايا نيئة (Litter or Raw material) ودبال (Humus) تام الانحلال.

- محلول التربة وهو مكون من أملاح غير عضوية.

- هواء التربة الذي يشغل الفراغات البينية غير الممتلئة بمحلول التربة.

- الكائنات الدقيقة بين نباتية وحيوانية.

- قطاع التربة **Soil Profile**

تتكون معظم أنواع التربة من حبيبات معدنية تختلف في أحجامها وتركيبها الكيميائي ودرجة ذوبانها، وتتغير خصائص التربة بفعل العوامل المناخية والإحيائية (الكساء الخضري) فمثلا تغسل كربونات الكالسيوم وغيرها من المواد الذائبة، وتحمل إلى الطبقات البعيدة عن السطح، ويحدث مثل ذلك لحبيبات التربة الدقيقة غير القابلة للذوبان والغرويات؛ إذ تنتقل إلى الطبقات العميقة عند تسرب مياه الأمطار داخل التربة، ونتيجة لذلك تتميز التربة إلى طبقات (Layers) أو آفاق (Horizons)- تختلف عن بعضها البعض من الأوجه الطبيعية والكيميائية والحيوية، ويكون لكل أفق ملامح مميزة من حيث اللون والتماسك والبناء والقوام والمرونة وغياب أو وجود تجمعات خاصة لبعض المواد، مثل الكربونات والكبريتات وغيرها.

ولذلك يمكن تمييز عمليات تكوين التربة في مجموعها ويمكن تقسيمها إلى طورين متداخلين:

الطور الأول: هو طور تجميع مواد الأصل أوالمنشأ.

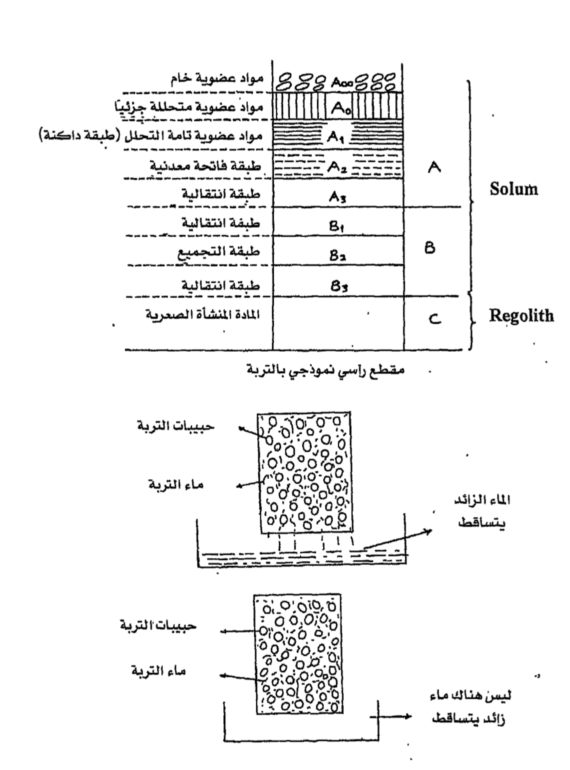
الطور الثاني: وهو تميز الطبقات.

ومقطع التربة عبارة عن الآفاق أو الطبقات التي تظهر في الامتداد الرأسي لجسم التربة.

وعموما فهناك ثلاثة آفاق رئيسة تتميز داخل مقطع التربة ويعبر عنها بالرموز A-B-C، حيث يدل الرمز (A) على الأفق السطحي أو منطقة الاستخلاص، والرمز (B) على الأفق الانتقالي أو منطقة التركيز، والرمز (C) على مادة أصل التربة .

- **الأفق السطحي (A)**

يتركب من حبيبات خشنة نتيجة لانتقال الحبيبات الدقيقة والغرويات إلى أسفل، كذلك يكون هذا الأفق فقيرا في الأملاح القابلة للذوبان؛ نتيجة لعملية الغسيل بواسطة الماء الذي يتسرب إلى الطبقات العميقة،ويرجع وجود الحبيبات المركبة إلى وجود المواد العضوية المتحللة، وهذه الصفة من شأنها أن تجعل هذا الأفق سهل الاختراق بواسطة الجذور، في الأراضي التي يكون فيها الغطاء النباتي كثيفا- تتجمع بقايا النباتات على السطح، وكذلك يبدو الأفق السطحي مقسما إلى عدة طبقات يرمز لها بالرموز $A_3, A_2, A_1, A_0, A_{00}$.



مقطع راسي نموذجي بالتربة

A_{00} هذه الطبقة عبارة عن أوراق نباتية وفروع حديثة السقوط ومواد عضوية أخرى غير متحللة.

A_0 في هذه الطبقة يتم تحلل البقايا جزئيا.

A_1 طبقة داكنة نتيجة تحلل المواد العضوية تحللا كاملا لتكوين الدبال.

A_2 طبقة لونها فاتح نتيجة عمليات الغسيل بواسطة مياه المطر لكنها تحتوي على نسبة من الأملاح المعدنية أكثر من A_1 ، ومواد عضوية أقل.

A_3 طبقة انتقالية بين A_2 و B وتشبه الأفق A_1 أكثر من الأفق الانتقالي B (منطقة التركيز أو التجمع)، ويقع أسفل الأفق السابق، وتتجمع به الأملاح الذائبة والحبيبات الدقيقة التي يحملها الماء من الطبقات العليا، ويقل اختراق الجذور لهذه الطبقة كما يقل تفرعها.

ويتبع الأفق B الطبقات التالية:

B_1 طبقة انتقالية وتشبه B أكثر من A.

B_2 ويحدث بها أقصى تجمع لحبيبات الطين والغرويات العضوية والأملاح المعدنية الذائبة، ولذلك فحبيبات التربة متماسكة مما يعوق اختراق الجذور.

B_3 طبقة انتقالية بين B ، C ولكن تشبه B أكثر.

C أفق مادة أصل التربة.

ويقع أسفل منطقة التركيز، ويتركب عادة من الصخور الأصلية التي نشأت منها التربة.

ويطلق على الآفاق A و B – التربة الحقيقية، ويطلق على الأفق C– مادة أصل التربة (القاعدة الصخرية).

١/٣/١/٥/٣ الخواص الفيزيقية للتربة Soil Physical Properties

تشتمل دراسة الخواص الفيزيقية للتربة على ما يلي:

(أ) قوام التربة.

(ب) بناء (أوتركيب) التربة.

(ج) المحتوى المائي للتربة.

(د) مسامية التربة.

(هـ) درجة الحرارة بالتربة.

(أ) قوام التربة Soil Texture

يعرف قوام التربة بأنه الخاصية التي تدل على التوزيع الحجمي للحبيبات الأولية التابعة لمجموعة الرمل والسلت (الطمي) والطين، ويعبر عن درجة نعومة أو خشونة التربة.

وحبيبات الرمل أكبرها حجما وليس لها خصائص غروية، لذلك لا تستطيع امتصاص الماء أو المواد الذائبة، كما أنها لا تقوم في التربة بأي عمل كيميائي ولكن لها تأثير مهم في معادلة بعض ما للطين من خصائص غير مرغوب بها، أما حبيبات الطمي فهي متوسطة الحجم ولها نشاط كميائي وفيزيقي ضئيل.

ويتكون الطين من حبيبات بالغة الصغر، وتمثل القاعدة لكل العمليات الفيزيقية والكيميائية التي تتم بالتربة، وأهم الخصائص الفيزيقية لحبيبات الطين- سعتها المائية العالية، واتساع سطح التجمع بها يسمح بامتزاز أعلى قدر من الكاتيونات (Ca^{++}, Ok^{+}, Na^{+},) لذلك فإنها تتحكم في خصوبة التربة.

يمكن فصل المجاميع المختلفة المكونة للتربة بعدة طرق، منها: التحليل الميكانيكي، باستعمال طريقة المناخل للتربة الرملية، وطريقة الهيدرومتر والماصة للتربة الطينية.

يبين الجدول التالي الأقطار القياسية لحبيبات التربة:

حبيبات التربة	القطر (بالمليمتر)
رمل خشن جدا	٢,٠ – ١,٠
رمل خشن	١,٠ – ٠,٥
رمل متوسط	٠,٥ – ٠,٢٥
رمل ناعم	٠,٢٥ – ٠,١
رمل ناعم جدا	٠,١ – ٠,٠٥
طمي (سلت)	٠,٠٥ – ٠,٠٠٢
طين	أقل من ٠,٠٠٢

وعموما تنقسم التربة من حيث القوام لعدة أقسام منها:

- تربة رملية (**Sandy Soil**) : أكثر من ٨٠٪ رمل.
- تربة رملية صفراء (**Loamy Soil**) : ٣٥٪ رمل – ٤٥٪ طمي – ٢٠٪ طين.
- تربة طينية صفراء (**Silty Soil**) : ٦٠٪ طمي – أكثر من ٢٠٪ طين.
- تربة طينية : (**Clayey Soil**): أكثر من ٣٠٪ طين.

- يؤثر قوام التربة على معدل حركة الماء في التربة، فمثلا: ينفذ ماء المطر بسرعة في التربة ذات الحبيبات الخشنة بينما ينفذ ببطء في الأراضي ذوات الحبيبات الدقيقة، مما يؤدي إلى ضياع جزء من ماء المطر بالتسرب السطحي والتبخر.
- يؤثر قوام التربة على سعتها المائية، فالتربة التي تحتوي على نسبة كبيرة من الحبيبات الدقيقة يكون المجموع السطحي لها كبير، وهذا يزيد من قدرة التربة على حمل الماء. ويرجع ذلك إلى وجود الماء في التربة على صورة أغشية تغلف الحبيبات، وكما يوجد في الفراغات المحصورة بين الحبيبات– يوجد أيضا متشربا بواسطة الغرويات.
- توجد الغرويات بنسبة عالية في التربة ذات الحبيبات الدقيقة وبنسبة ضئيلة في التربة ذات الحبيبات الخشنة، وحيث إن الأيونات اللازمة لتغذية النبات توجد ممتزة على سطح الحبيبات الغروية– لذلك يعد النوع الأول من التربة أكثر خصوبة من الثاني.
- نظرا لاحتواء التربة الثقيلة على نسبة كبيرة من الحبيبات الدقيقة والغرويات– تكون مقاومتها الميكانيكية لاختراق الجذور أكبر من التربة الخفيفة التي تتركب من نسبة عالية من الحبيبات الخشنة.
- للتركيب الميكانيكي للتربة أثر كبير على درجة التهوية ، ففي التربة ذات الحبيبات الكبيرة، وكذلك في التربة الثقيلة التي تتجمع حبيباتها الدقيقة على هيئة حبيبات كبيرة الحجم– تحصر الحبيبات فيما بينها فراغات كبيرة تسمح بمرور الغازات خلال التربة، وبذلك يسهل التخلص من ثاني أكسيد الكربون الذي يتجمع نتيجة

لتنفس الجذور والكائنات الحية الموجودة بالتربة، ويحل محله الأكسجين اللازم لعملية التنفس، أما التربة ذات الحبيبات الدقيقة المنفردة فتكون رديئة التهوية.

(ب) بناء التربة Soil Structure

تركيب التربة مصطلح يعبر عن طريقة ترتيب الحبيبات (Granules) المنفردة أو مجموعة (Floccules) الحبيبات (Granules) التي تتكون منها التربة، ومما يحول دول التقاء الحبيبات الصخرية التقاء تاما، وتداخلها بإحكام بعضها مع بعض- عدم انتظامها في الحجم والشكل، ولهذا تتخلف فراغات غير منتظمة يدور فيها الماء والهواء، وفي الوقت نفسه يحقق ثقل الحبيبات وتضاغطها- وجود المقاومة اللازمة لتثبيت الجذور بقوة، وليست التربة مجرد خليط طبيعي للأجزاء التي تتكون منها؛ فالحبيبات مترابطة بإحكام في مجاميع تلتحم فيها بتأثير المواد الغروية. والأراضي ذات الحبيبات المنفردة تعتبر بسيطة نسبيا، وتوجد هذه الأراضي في المواضع التي لا يتوافر بها القدر الكافي من الغرويات الملصقة. والتربة الطينية ذات تركيب معقد غاية التعقيد في حبيباتها، أو مجاميع الحبيبات بها ، التي تلتصق معا بواسطة مواد غروية ناشئة من أدق حبيبات الطين والدبال، وتعوق زيادة نسبة الحبيبات الدقيقة بالتربة -إلى حد ما- تحركات الماء والهواء، ولذلك فإن التربة الصفراء تتميز بمحتوى مائي أعلى وأكثر انتظاما من الأراضي الرملية . ويحدد تركيب التربة مساميتها إلى حد بعيد، وتؤثر المسامية بدورها على امتصاص الماء وبالتالي على الانسياب السطحي، وما يترتب عليه من تآكل التربة.

هناك أربعة طرز مختلفة لبناء التربة كما يلي:

١) تربة حبيباتها متماثلة ومفككة.

٢) تربة حبيباتها متماثلة ومتماسكة نسبيًا.

٣) تربة حبيباتها متباينة الحجم ومتماسكة.

٤) تربة حبيباتها متباينة الحجم ومتجمعة في رقائق متراكبة.

ويوضح الطراز الرابع البناء المتراكب، حيث تتجمع الحبيبات وتتماسك بواسطة المواد الغروية (دقائق الطين والدبال)، وتتميز التربة متراكبة البناء بأنها حسنة التهوية والصرف،

كما أن اختراق الجذور لها يكون سهلا، وتصل فيها المسامية إلى ٦٠٪ حيث تجعل ظروف تجمع التربة أكثر نفاذية للماء والهواء والجذور، أما الطراز الثالث فتكون الحبيبات متباينة الحجم ومنفردة، ويسبب ذلك سوء التهوية والصرف وانخفاض مساميتها (٢٥٪)، كما أن تداخل الدقائق يعوق نمو الجذور.

ويتوقف حجم الفراغات الهوائية على بناء التربة الذي يؤثر بدوره على درجة التهوية، لهذا تضاف المواد العضوية إلى الاراضي الطينية لتعمل على تجمع الحبيبات الدقيقة المنفردة، لتكون حبيبات مركبة تحصر بينها فراغات بينية تحسن ظروف التهوية.

العوامل التي تؤثر على بناء التربة:

- الجذور والشعيرات الجذرية:

تلعب جذور النباتات دورا مهمًّا في تجمع حبيبات التربة، ويتم ذلك بعدة وسائل منها:

- أثناء نمو الجذور والشعيرات الجذرية، فإنها تفتت التربة إلى حبيبات.
- تعمل الجذور وشعيراتها على ربط الحبيبات، وبذلك تؤدي إلى تثبيت التربة.
- يؤدي الضغط الناشئ عن الجذور النامية إلى تجمع الحبيبات.
- يؤدي امتصاص الماء بواسطة الجذور إلى نزع الأغلفة المائية من حول الدقائق الفردية مما يؤدي إلى تقاربها ثم تجميعها.
- الدبال الناتج عن تحلل الجذور عامل مهم لتجميع الحبيبات.

- ديدان الأرض:

تحفر ديدان الأرض والحشرات في التربة باستمرار مما يؤدي إلى عمل فراغات بها. كذلك، فإن مرور جزء كبير من التربة خلال أجسامها عند تغذيتها يغير من صفات التربة، وللديدان نشاط في دفع الأجزاء النباتية كالأوراق والحشائش إلى باطن التربة؛ لتصبح جزءا من المادة العضوية بها.

- النمل ، القوارض، النيماتودا :

تلعب دورا مهمًّا مماثلا لديان الأرض في تطوير التربة.

٥- الكائنات الحية الدقيقة في التربة :

تعمل الفطريات وبعض الكائنات الدقيقة على تجميع حبيبات التربة بواسطة خيوطها الفطرية، وكذلك نتيجة لإفرازاتها العضوية: كالصمغ والشمع، ويلاحظ أيضا أن للكائنات الدقيقة دورًا أساسيًّا في دورات الأملاح المعدنية، والأكسجين، وثاني أكسيد الكربون، والنيتروجين في الطبيعة، وهذا عامل مهم له آثره في تطور وبناء التربة.

- الحرث : يؤدي حرث التربة إلى تفتيتها وتقليبها مما يحسن ظروف التهوية والصرف.

- المناخ : تؤثر عوامل المناخ كالأمطار في بناء التربة.

- الفراغات الشعرية وغير الشعرية **Capillary and Non- Capillary Pores**

تمثل مسامية التربة حوالي ٥٠٪ من الحجم الكلي للتربة الحقيقية، ويشغلها الماء والهواء، وهناك نوعان رئيسيان للفراغات بالتربة.

- **فراغات شعرية Capillary Pores**

أي: الفراغات التي تحدد كمية الماء الذي تحتفظ بها التربة بعد المطر أو الري مباشرة.

- **فراغات غير شعرية Non-Capillary Pores**

وهي التي تحدد كمية الهواء بالتربة.

تم تقسيم التربة إلى ثلاثة أنواع رئيسية تبعا لحجم وبناء الحبيبات:

- **تربة نموذجية البناء :**

وهي التربة التي تكون فيها المسامية من فراغات شعرية وغير شعرية، الأولى (تكون ٥٠٪ تقريبا) للاحتفاظ بقدر كاف من الماء، والثانية لتبادل الغازات الضرورية للتنفس، وهذه الصفات متوافرة في التربة الصفراء التي تحتوي على كميات من الطمي (السلت -Silt) حوالي ٤٥٪ من وزنها، ونسبة الطين بها ٢٠٪، والرمل ٣٠٪.

- **تربة معقدة البناء :**

وهذه هي التربة الطينية، وقد سميت كذلك للصغر المتناهي لحبيباتها ولاحتوائها على نسبة ضئيلة من الفراغات الشعرية، ولذا فهي رديئة التهوية والصرف كذلك؛ لاحتفاظها بكميات كبيرة من الماء تزيد عن حاجة النبات حيث تزداد فيها نسبة الفراغات الشعرية عن ٥٠٪، وهذا النوع من التربة يحتوي على نسبة من الطين تصل إلى ٣٥٪، ونسبة ضئيلة من الرمل (١٥٪)، ونسبة كبيرة من الطمي (حوالي٥٠٪)، وتضاف مادة عضوية إلى التربة لتجمع الحبيبات الدقيقة على صورة حبيبات مركبة (أي عملية تجميع)؛ لمعالجة رداءة التهوية.

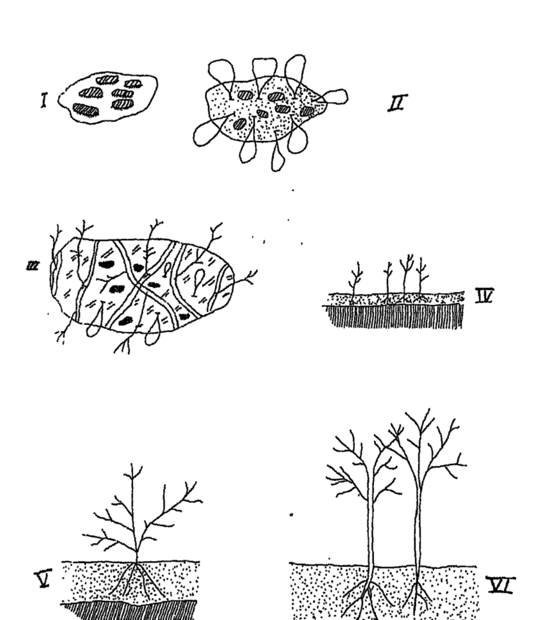
- **تربة بسيطة البناء :**

وهي التربة الرملية (حوالي ٦٠٪ رمل+ ٣٠٪طمي+١٠٪ طين)، والتي تكون فيها نسبة الفراغات غير الشعرية مرتفعة ويرجع ذلك لكبر حجم حبيباتها، بينما تكون نسبة الفراغات الشعرية ضئيلة ، ولذلك تعتبر هذه التربة جيدة التهوية، ولكنها قليلة الاحتفاظ بالماء وتعتبر هذه الصفة الأخيرة من عيوب التربة الرملية.

(ج) المحتوى المائي للتربة (رطوبة التربة) Soil Moisture

ترجع أهمية الماء كعامل حيوي للكائنات الحية للأسباب التالية:

- يعتبر الماء من المكونات الرئيسية للمادة الحية (البروتوبلازم).
- يمثل الماء مع ثاني أكسيد الكربون القاعدة الأساسية في عملية البناء الضوئي.
- للماء كمذيب دور مهم في انتشار أو انتقال الأيونات والأملاح غير العضوية من خلية لأخرى.
- يعمل الماء على تنظيم درجة حرارة النبات وحمايته من الحرارة المرتفعة.
- امتلاء الخلية بالماء يجعلها قادرة على القيام بجميع وظائفها الحيوية.
- يتم استهلاك الطاقة الزائدة في النبات عن طريق تبخر الماء أثناء النتح.



رسم تخطيطي يوضح مراحل الكساء الخضري في البيئة الجافة (الصخرية).

- يعوق نقص المحتوى المائي في أنسجة النباتات الصغيرة- النمو نتيجة حدوث خلل في الوظائف الحيوية داخل الخلايا، بينما في النباتات الكبيرة فإن ذلك يسرع من معدل البلوغ (maturity)، وبالتالي تتكون بذور ضعيفة.

- لاختلال التوازن المائي (معدل النتح والامتصاص) خطورته بالنسبة للنبات، فإذا كان معدل النتح أكبر من معدل الامتصاص أدى ذلك إلى ذبول النبات وموته.

يعتبر الماء من أهم مكونات التربة، لذلك تعد الرطوبة من أهم عوامل التربة، ومن أهم المصادر المائية- المطر، بل هو المصدر الوحيد في كثير من الحالات.

وإذا تتبعنا مصير ماء المطر الذي يسقط على التربة ووجدنا أن جزءا ليس باليسير يجري فوق سطح الأرض، ويفقد عن طريق التسرب السطحي ويحدث هذا عادة عندما يكون سطح الأرض صلبا أو المطر غزيرا، وهذا الجزء من ماء المطر يذهب سدى، ولا يستفيد منه النبات في هذه المنطقة، وإذا تتبعنا الماء الذي ينفذ داخل التربة نجد أنها تتشبع بالماء أولا، ثم تحتجز بعد ذلك الماء الذي يملأ الفراغات الواسعة غير الشعرية فيرشح إلى أسفل بعد مدة قصيرة من سقوط المطر بتأثير الجاذبية الأرضية، وإذا صادف هذا الماء طبقة صماء غير منفذة للماء- تجمع وبقي ساكنا، ويعرف عندئذ بمستوى الماء الأرضي(Waler-table) ويستفيد النبات من الماء الشعري الذي تحتفظ به التربة.

أما الماء الأرضي فيكون بعيدا عن متناول الجذور، ولا يستفيد منه النبات إلا إذا كان ضحلا، ويتعرض الماء الشعري- الذي تحتفظ به الطبقات السطحية من التربة- للفقد عن طريق التبخر، وكذلك عن طريق امتصاص الجذور السطحية له، أما الماء الشعري الذي تحتفظ به الطبقات البعيدة عن السطح فيكون النقص فيه راجعا لامتصاص الجذور له فقط، وهذا الجزء الممتص يفقد معظمه عن طريق النتح.

ويمكن تقسيم المتحوى المائي للتربة إلى خمسة أقسام كما يلي:

- **ماء الجاذبية الأرضية Gravitational Water**

وهو الماء الذي يشغل الفراغات غير الشعرية في التربة وينفذ إلى أسفل بتأثير الجاذبية الأرضية، وتكون التربة عقب الري أو المطر الغزير مشبعة بالماء الذي يملأ الفراغات الشعرية وغير الشعرية، ثم لا يلبث الماء الذي يشغل الفراغات غير الشعرية أن يتحرك إلى أسفل، أي: يرشح بعد مدة من الزمن تاركا هذه الفراغات لتمتلئ بالهواء وإذا صادف هذا الماء طبقة صلبة قريبة من السطح أو كان مستوى الماء الأرضي ضحلا- أدى ذلك إلى رشح الماء غير الشعري ببطء، وبذلك تصبح الأرض رديئة التهوية مما يلحق الضرر بالنبات، ويرجع ذلك على سرعة رشحه إلى الأعماق البعيدة عن متناول الجذور.

- الماء الشعري Capillary Water

يتبقى جزء من الماء بعد تسرب ماء الجاذبية الأرضية من الطبقات السطحية للتربة على صورة أغشية حول حبيبات التربة وقطرات معلقة في زوايا المسام الكبرى، وتملأ تماما المسام الضيقة (الفراغات الشعرية)، ويعرف هذا بالماء الشعري الذي تمنعه قوة بسيطة على سطح الحبيبات من الاستجابة لشد الجاذبية، إلا أنه يسهل على النبات امتصاصه عدا الجزء من الماء الشعري، والذي تحمله أدق الحبيبات الغروية بقوة كبيرة ويصعب على النبات امتصاصه، وتختلف كمية الماء الشعري الذي تحمله التربة تبعا لنوعها، ففي التربة الطينية حيث يكون المجموع الكلي لسطوح الحبيبات كبيرا وكذلك نسبة الفراغات الشعرية- تستطيع التربة حمل مقدار كبير من الماء الشعري، بينما تقل كمية الماء الشعري في التربة الرملية حيث المجموع الكلي لسطوح الحبيبات أقل إلى حد كبير.

- الماء الهيجروسكوبي Hygroscopic Water

وهو الجزء من الماء الذي تحتجزه التربة بعد جفافها في الهواء ويوجد هذا الماء في صورة أغشية رقيقة جدا على سطح الحبيبات بقوة كبيرة، ويستحيل على النبات امتصاصه، وكمية الماء الهيجروسكوبي التي تحتفظ بها التربة ليست ثابتة، ولكنها تتغير قليلا تبعا لدرجة الحرارة ونسبة الرطوبة في الهواء حيث يتبخر هذا الجزء عند ١٠٥م°.

- بخار الماء Water Vapour

يوجد الماء على صورة بخار في الهواء الذي يشغل الفراغات المحصورة بين الحبيبات.

- الماء المتحد Combined Water

بالإضافة لما سبق يوجد جزء ضئيل من الماء يتمثل في جزئياته المتحدة كيميائيًّا مع حبيبات التربة. فمثلا يتحد الماء مع أكاسيد مائية، ويعرف هذا الجزء من الماء باسم الماء المتحد (Combined Water) ولا يستفيد منه النبات، كما أنه لا يتبخر بالتسخين عند ١٠٥م°.

- ثوابت رطوبة التربة Soil Moisture Constants

سنقتصر على شرح ما يأتي من الاصطلاحات العلمية الشائعة التي تتعلق بالمحتوى المائي للتربة.

- السعة الحقلية **Field Capacity**

هي كمية الماء التي تحتويها التربة بعد رشح ماء الجاذبية الأرضية، وعندما تصبح حركة الماء الشعري بطيئة جدا بعد الري أو سقوط الأمطار- تصل التربة إلى السعة الحقلية بعد مدة- تختلف حسب نوع التربة- ففي التربة الخفيفة لا تتجاوز ساعات قليلة، بينما تصل في التربة الثقيلة إلى يومين أو ثلاثة أيام.

ويعبر عن السعة الحقلية كنسبة مئوية من وزن التربة الجافة، وتختلف في الأراضي المختلفة، ففي التربة الرملية الخشنة تبلغ ١٢٪ من الوزن الجاف، بينما تحتفظ التربة الطينية بحوالي ٣٥٪، وكلما صغرت حبيبات التربة زادت مساحة السطح الذي يحتفظ بالماء الذي تحتفظ به التربة وبالتالي تزيد السعة الحقلية ولمعرفة السعة الحقلية أهمية خاصة في تقدير كمية مياه الري.

- السعة المائية القصوى **Maximum Water-Holding Capacity**

هي كمية الماء الموجودة في طبقة رقيقة من التربة المشبعة بالماء، ولتعيين السعة المائية القصوى توضع التربة في وعاء معدني ضحل قاعه مثقب (صندوق/ هلجارد بان)، ثم يترك في حوض به ماء بحيث يكون القاع المثقب ملامسا لسطح الماء، وبعد ٢٤ساعة يوضع الوعاء بما يحتويه من التربة المشبعة في فرن على درجة ١٠٥م°، ومن النقص في الوزن يمكن تعيين السعة المائية القصوى كنسبة مئوية من الوزن الجاف للتربة.

- معامل الذبول **Wilting Piont**

ويمثل معامل الذبول الحد الأدنى للماء اللازم لنمو النبات، وليس الحد الأدنى للماء الذي يستطيع النبات امتصاصه؛ إذ إن النبات يستطيع أن يمتص الماء من التربة إذا قلت قيمته عن معامل الذبول حتى يصل إلى الماء الهيجروسكوبي، ولكن الماء الممتص في هذه الحالة لا يكفي لنمو النبات ولكن لبقائه حيًّا فقط.

وتتوقف قيمة معامل الذبول على عدة عوامل، منها: نوع التربة ونسبة المادة العضوية، وتختلف نسبته في الطبقات المختلفة من التربة.

ويعتبر معامل الذبول الدائم من أهم ثوابت رطوبة التربة؛ إذ إنه بطرح معامل الذبول من القيمة الحقيقية للمحتوى المائي للتربة- يمكن الحصول على الماء المتاح، وتمثل الرطوبة المثلى لنمو النباتات المدى بين معامل الذبول والسعة الحقلية.

- حركة الماء في التربة **Soil Water Movement**

إن حركة الماء في التربة معقدة؛ إذ إنها تأخذ عدة اتجاهات كما أنها تخضع لعوامل مختلفة مثل المحتوى المائي والقوام، ويتحرك الماء إلى أسفل عقب الري أو سقوط الأمطار، كما يتحرك إلى أعلى عندما تأخذ الطبقات السطحية من التربة في الجفاف، أما الحركة الجانبية فهي محدودة .

ويتحرك الماء في صورتين؛ إحداهما السائلة والأخرى الغازية، وسنتحدث فيما يلي بإيجاز عن حركة أنواع ماء التربة المختلفة:

- حركة ماء الجاذبية الأرضية

تتأثر حركته بعدد وحجم الفراغات غير الشعرية، كما تتأثر أيضا بكونها مستمرة أو متقطعة، لذلك نجد أن حركة ماء الجاذبية الأرضية أسرع في الأراضي الرملية عنها في الطينية، ويرجع هذا إلى أن الفراغات غير الشعرية في الأولى واسعة، فتسمح بمرور الماء بسهولة، وكذلك نسبتها أكبر، ومما يساعد على سهولة حركة الماء أيضا وجود الممرات التي تتركها الديدان عند حركتها في التربة، وكذلك وجود القنوات التي تنشأ نتيجة لتحلل الجذور، ومن العوامل التي تعمل على إبطاء حركة ماء الجاذبية الأرضية وجود طبقة صلبة، أو وجود مستوى الماء الأرضي قريبا من السطح.

- حركة الماء الشعري

يتحرك الماء الشعري في جميع الاتجاهات، وتكون حركته الجانبية محدودة جدا، وتتأثر حركته بالجذب السطحي بين الأغشية المائية المختلفة في سمكها وفي انحنائها، فيقل الماء الشعري في الأغشية السميكة؛ حيث تكون القوى التي تمسك بها على سطح الحبيبات بسيطة إلى الأغشية الأقل سمكا؛ حيث تكون القوى التي تمسكها كبيرة، وكذلك ينتقل الماء من الأغشية الأقل في درجة انحنائها إلى الأغشية الأكبر في درجة انحنائها وارتفاع الماء الشعري في الأنابيب الشعرية الضيقة يكون أكبر منه في الأنابيب الشعرية الأوسع

نسبيا، ويحدث مثل ذلك في التربة الطينية التي تكون بها الفراغات الشعرية ضيقة، فيرتفع فيها الماء الشعري إلى مستوى أعلى بكثير منه في التربة الرملية ذات الفراغات الشعرية الواسعة نسبيا، أما حركة الماء الشعري في التربة القريبة من درجة التشبع فتكون أسرع في التربة الرملية منها في التربة الطينية.

- حركة بخار الماء

تفقد الأغشية المائية- التي تغلف الحبيبات في التربة الجافة- اتصالها، وبذلك تنعدم حركة الماء الشعري، وتصبح حركة الماء مقصورة على بخار الماء الذي يوجد بالفراغات، وتتأثر حركة بخار الماء في التربة باختلاف الضغط البخاري في المناطق المختلفة، فينتقل بخار الماء من المناطق ذات الضغط العالي إلى المناطق ذات الضغط البخاري المنخفض، وينشأ الاختلاف في الضغط البخاري من الاختلاف في درجات الحرارة والرطوبة في الطبقات المختلفة من التربة وكذلك في الهواء الجوي في الليل والنهار، وفي الفصول المختلفة من التربة، وكذلك في الهواء الجوي في الليل والنهار، وفي الفصول المختلفة ويتبع ذلك تحرك بخار الماء في الطبقات المختلفة في اتجاهات مختلفة، وكذلك تحركه من التربة إلى الهواء أو بالعكس.

استجابة الجذور للمحتوى المائي للتربة

- الاستجابة للمحتوى المائي المنخفض:

يعمل المحتوى المائي المنخفض على تنشيط الجذور ونموها نموا كبيرا بشرط أن يكون الماء أقل مما يتطلبه النبات، ونتيجة لذلك يزداد السطح الماص للجذور بدرجة كبيرة، ويزداد تعمق الجذر الأصلي، كما يزداد عدد الجذور الجانبية ومثل هذا المجموع الجذري أكثر ملاءمة لمقاومة النبات للجفاف، كما أن تعمق الجذور في التربة يجعلها تتلامس مع مناطق كبيرة فيزيد ذلك من قدرتها على امتصاص الماء والعناصر الغذائية، ولا يشترط في المجموع الجذري المثالي كثرة تفرعه بقدر ما يشترط فيه تغلغله في التربة لأعماق مناسبة، وانتشاره في محيط كاف لضمان امتصاص الماء والأملاح في كل وقت وحين، وإذا أصبحت التربة جافة بدرجة كبيرة هبط معدل تكوين الجذور، وربما توقف تماما ونتيجة لذلك تختزل الأجزاء الهوائية للنبات.

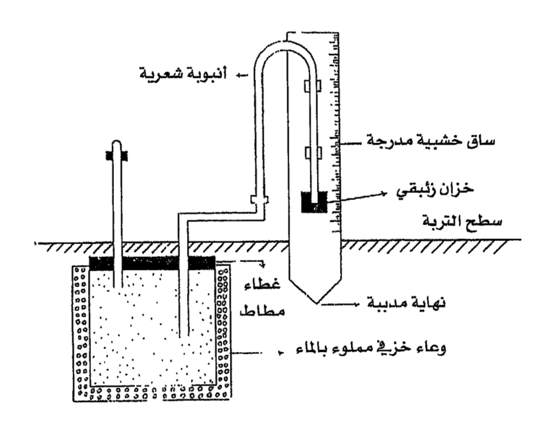
- الاستجابة للمحتوى المائي المرتفع:

يكوّن النبات جذورا ضحلة عندما تصبح التربة أكثر رطوبة، ومستوى الماء الأرضي أقل عمقا، ويمكن اعتبار ذلك استجابة من النبات لسوء التهوية، وتكوّن الجذور والريزومات- في أراضي المستنقعات المشبعة بالماء- طبقة فوق مستوى الماء الأرضي، وتقبع الجذور قريبا من السطح وتتخذ وضعا أفقيا، أما الجذور الوتدية فتجف ويستعاض عنها بجذور أفقية جانبية، وتوجد لبعض الأنواع النباتية جذور عميقة في التربة الرطبة أو متوسطة الرطوبة.

- قياس معدل رطوبة التربة:

يستلزم للأغراض البيئية معرفة معدل المياه التي توجد بالتربة والتي يمكن للنبات الحصول عليها، وتتبع تغيرها خلال فترة نمو النبات وخلال الفصول المختلفة من العام.

لتعيين كمية الماء بالتربة تتبع طريقة الوزن قبل وبعد تجفيفها عند ١٠٥°م، وحتى الوزن الثابت باستخدام علب الرطوبة ويعطينا التغيير في الوزن كمية المياه الفاقدة، ومنها يمكن معرفة النسبة المئوية للماء الكلي بالتربة، ويشمل كل أنواعه فيما عدا الماء المتحد. وعند الحاجة لمعرفة تغيير كميات المياه التي توجد بالتربة يلزم استخدام جهاز يسمى جهاز الشد الرطوبي (Tensiometer)، ويعرف الشد الرطوبي (الشد المائي) بالامتصاص الضروري لإزالة المياه من عمود رفيع من التربة، ويتكون الجهاز كما هو موضح بالرسم من إناء فخاري ممتلئ بالماء، ويتصل بمانوميتر بواسطة أنبوبة قطرها صغير جدا، يوضع في التربة المراد قياس شدها المائي، فعندما تفقد التربة بعضا من مائها بواسطة النتح أو التبخر فإن الاتزان المائي بها يختل وعندئذ يخرج ماء من الإناء؛ لإعادة اتزان الشد المائي بالتربة، وهذا يمكن قراءته بواسطة عمود الزئبق بالمانوميتر الذي يعبر ارتفاعه عن كمية الشد المائي بالتربة.



جهاز التنشيومتر.. لقياس محتوى الماء بالتربة

(د) المسامية وتهوية التربة Porosity and Soil Aeration

تشتمل مسامية التربة على الجزء الذي يشغله الماء، والجزء الذي يشغله الهواء، وتصل عادة إلى ٥٠٪، وتنخفض هذه النسبة في الأراضي الرملية فلا تتعدى ٣٠٪، وترتفع في الأراضي الطينية وقد تصل إلى ٦٠٪ أو أكثر. لا يمكن معرفة التهوية في التربة من المسامية وحدها بل يجب- لمعرفة ذلك- تعيين حجم الفراغات؛ إذ إن الفراغات الواسعة غير الشرعية هي التي يشغلها الهواء بعد رشح الماء الذي يعقب سقوط الأمطار أو الري، والفراغات الضيقة الشعرية هي التي يشغلها الماء الشعري في معظم الأوقات، ويتعذر مرور الهواء فيها، وتحدد نسبة الفراغات غير الشعرية درجة التهوية في التربة، كما تحدد نسبة الفراغات الشعرية كمية الماء الذي تحتفظ به التربة بعد المطر.

وتعتبر التربة النموذجية هي التي تتكون فيها نصف المسامية من فراغات غير شعرية تسمح بمرور الغازات، والنصف الآخر من فراغات شعرية تحتفظ بنسبة وافرة من الماء.

أما التربة التي تحتوي على نسبة ضئيلة من الفراغات غير الشعرية فتعد رديئة التهوية والصرف، وتكون نسبة الفراغات غير الشعرية في التربة الرملية عالية؛ ويرجع ذلك لكبر حجم حبيباتها، بينما تكون نسبة الفراغات الشعرية ضئيلة، ولذلك تعتبر جيدة التهوية وقليلة الاحتفاظ بالماء، وتعتبر هذه الصفة الأخيرة من عيوب التربة الرملية، وعلى العكس من ذلك فالتربة الطينية ذات الحبيبات الدقيقة المنفردة رديئة التهوية وكثيرة الاحتفاظ بالماء. ولكي نعالج رداءة التهوية في الأراضي الطينية يضاف إليها مواد عضوية أو جيرية؛ إذ إن هذه المواد تعمل على تجميع الحبيبات الدقيقة في صورة حبيبات مركبة تحصر بينها فراغات واسعة، وبذلك تزداد نسبة الفراغات غير الشعرية، ومن ثم تتحسن التهوية في هذه الأراضي.

وهناك نوع من الأراضي الطينية تتفتح حبيباتها بدرجة كبيرة عندما تبتل وتسد جزءا كبيرا من مسامها، وتصبح رديئة التهوية ولا تصلح لنمو الجذور فيها.

وتزداد المسامية في التربة بتحلل الجذور التي تخترقها تاركة القنوات التي كانت تشغلها فارغة، وبذلك تملؤها الغازات كما تعمل حركة الديدان في التربة على زيادة المسامية فيها، وتؤدي عملية الحرث إلى تفكيك الطبقة السطحية للتربة فتتباعد حبيباتها وتزداد التهوية.

- تركيب هواء التربة **Soil Air Composition**

يختلف تركيب هواء التربة بعض الشيء عن تركيب الهواء الجوي؛ وذلك لقربه من الجذور والكائنات الدقيقة التي تعمر التربة والتي تنفث فيه غاز ك أ٢، وتمتص منه أ٢، ويحتوي هواء التربة في الأراضي المنزرعة على نسبة من أ٢ تقل قليلا عما يحتويه الهواء الجوي أما نسبة ك أ٢فترتفع عن النسبة العادية وهي ٠,٠٣٪ إلى ما بين ٠,١٥، ٠,٦٥، ويحتوي الهواء غالبا في التربة المغطاة بالحشائش أو الغابات على نسبة من ك أ٢ أعلى كثيرا من النسبة السابقة - إذ تصل إلى ٠,٢ - ٠,٥٪ أو أكثر أحيانا، ويقل أ٢ بنفس النسبة، وتزداد كمية ك أ٢ تبعا للعمق وتراكم المواد العضوية وغزارة الجذور، وقدرت هذه النسبة في بعض أراضي الغابات في فصل الصيف بمقدار ١١-١٥٪.

ويكون هواء التربة- فيما يلي الغطاء السطحي الجاف مباشرة- مشبعا ببخار الماء، وقد يلامس هواء التربة الجذور والكائنات الدقيقة ملامسة مباشرة، أو يكون منفصلا عنها بأغشية رقيقة من الماء، ويكون أ٢ قليلا جدا داخل هذه الأغشية، في حين يرتفع محتواها من ك أ٢ ارتفاعا كبيرا. وللأكسجين أهمية كبرى في تحويل المخلفات النباتية والحيوانية إلى

حالة تصبح معها المواد الغذائية- التي تحويها تلك المخلفات- قابلة للذوبان، وبالتالي صالحة لأن تمتصها النباتات. والأكسجين ضروري أيضا لنمو الجذور وتكوين الشعيرات الجذرية وعملية الامتصاص، تتوقف بدونه عملية النيترة، ويتأثر كذلك نشاط ديدان الأرض ومعظم الكائنات الدقيقة، ولكن قلة من الكائنات الدقيقة تستطيع أن تحصل على ما يلزمها من طاقة عن طريق التنفس اللاهوائي وذلك بتكسير بعض المركبات كالنترات، كما أن بعض الجذور تستطيع أن تتحمل نقص أ٢ لفترة من الوقت، لكن ينتج عن التنفس اللاهوائي للبكتريا وأنواع من الفطر وغيرها- الأحماض العضوية والكحول، وغيرها من المواد السامة، لذا فإن رداءة التهوية ترتبط بتكوين السموم.

(هـ) درجة حرارة التربة **Soil Temperature**

تعد درجة حرارة التربة من العوامل المهمة التي تؤثر في نمو النباتات، ويرجع ذلك إلى أن جزءا كبيرا من النبات وهو المجموع الجذري ينمو داخل التربة، ويظل باقيا فيها. وكذلك تتأثر سرعة إنبات البذور ومعدل امتصاص الماء للمواد الذائبة وسرعة نمو الجذور- بدرجة حرارة التربة. وهناك تأثير غير مباشر لهذا العامل على نمو النبات من خلال نشاط الكائنات الحية الدقيقة التي تعمل على تحليل المواد العضوية إلى مواد بسيطة تستطيع الجذور امتصاصها.

وتتعرض التربة لتقلبات كبيرة في درجة حرارتها في الأشهر المختلفة على مدار السنة، وفي الأوقات المختلفة من اليوم. ومن العوامل التي تؤثر على درجة حرارة التربة اللون والتضاريس (الأرتفاع- الانخفاض-الميل)، وطول النهار وكمية الرطوبة في التربة.

فبالنسبة لتأثير اللون نجد أن التربة القاتمة تمتص الحرارة الناتجةعن أشعة الشمس بدرجة أكبر من التربة ذات اللون غير القاتم ، كما أنها تعكس الأشعة بدرجة أقل، وللتضاريس أثر كبير على درجة حرارة التربة؛ فكلما كانت أشعة الشمس قريبة من العمودية عند سقوطها- زادت كمية الحرارة التي تمتصها التربة. كذلك يؤثر طول النهار في درجة حرارة التربة، ففي الصيف- حيث يكون النهار طويلًا - ترتفع درجة الحرارة، فالتربة التي تحتوي على نسبة عالية من الماء تكون أبرد من غيرها التي تحتوي على نسبة أقل.

وتنخفض درجة حرارة التربة تدريجيا أثناء الليل عن طريق الإشعاع المرتد

(Re-radiation) حتى إذا ما تأخر الليل كانت الطبقات السفلى أدفأ من السطحية، وهذا عكس ما يحدث بالنهار؛ إذ تكون الطبقات السطحية عند الظهر أعلى في درجة حرارتها بكثير من الطبقات العميقة، وتتعرض الطبقات السطحية لتقلبات شديدة في درجة الحرارة في ساعات اليوم المختلفة، وخاصة في فصل الصيف في الصحراء، وتقل هذه التقلبات في شدتها تدريجيا كلما تعمقنا حتى تتلاشي في الطبقات التي يقرب عمقها من متر.

ومما يساعد على انخفاض درجة حرارة التربة تبخر الماء منها، ويعمل الغطاء النباتي على تقليل الحرارة التي تكتسبها التربة من إشعاع الشمس وبذلك تكون أبرد من التربة العارية أثناء النهار، أما في الليل فيعمل الغطاء النباتي على تقليل الإشعاع من التربة، وبذلك تكون أدفأ من التربة العارية، وفي الأيام التي تظهر فيها السحب والضباب يقل فقد التربة للحرارة عن طريق الإشعاع.

- علاقة حرارة التربة بنشاط النباتات

يقل معدل الامتصاص شأنه شأن سائر العمليات الطبيعية والكيميائية التي تحدث داخل الجذور كلما انخفضت درجة الحرارة ؛ إذ إن درجة الحرارة المنخفضة لا تسمح إلا بمعدل امتصاص محدود. ويحدث في المناطق الباردة في فصل الربيع ضرر شديد للنباتات نتيجة ازدياد معدل النتح مع دفء الجو، بينما يكون معدل امتصاص الجذور ضئيلا؛ نظرا لبرودة التربة. وتساعد درجة الحرارة الملائمة على سرعة إنبات البذور واستقرار البادرات، كما أنها ضرورية لنمو الجذور نموا حسنا، وكلما زاد دفء التربة في الربيع بالمناطق ذات المناخ المعتدل-.زادت سرعة الإنبات ومعدل نمو الجذور.

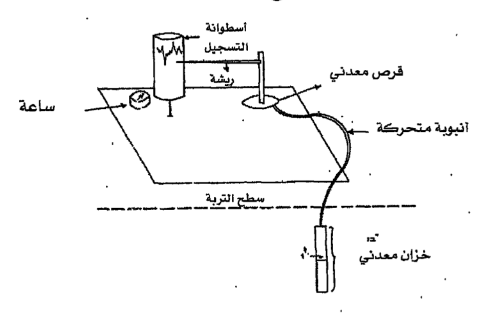
تختلف انباتات كثيرا من حيث درجات الحرارة الضرورية لإنبات بذروها؛ فبذور القمح تنبت عند حد أدنى من درجات الحرارة مقداره ٦ , ٤ °م، بينما تحتاج حبوب الذرة إلى ٤ , ٩°م، وتحتاج الكائنات الدقيقة إلى درجة حرارة مثلى لتقوم بأنشطتها المتنوعة، وإذا انخفضت درجة الحرارة أو ارتفعت عن الدرجة المثلى- قل نشاط هذه الكائنات تدريجيا. وتعوق درجات الحرارة غير الملائمة الكثير من التفاعلات البيولوجية والكيميائية المفيدة التي تحدث بالتربة أو تعطلها ، فمعظم بكتريا التربة لا تصبح نشطة حتى تتراوح درجة حرارة التربة بين ٧-١٠°م، كما أن درجة الحرارة ١٩-٢١°م، هي التي تنمو عندها الجذور نموا جيدا، وتعمل أيضا على تسجيل بعض التغيرات، مثل: تحلل المادة العضوية مع إنتاج

النشادر، وتكوين النيتروجين في صورة نترات، وتعتمد عملية تثبيت النيتروجين الجوي للنباتات البقولية على درجات الحرارة الملائمة. وقد ترتفع درجة حرارة التربة السطحية إلى حد يعوق نشاط البكتريا وربما يقضي عليها.

- قياس درجة حرارة التربة

يقاس مدى التغير اليومي في درجة حرارة التربة بواسطة جهاز يسمى: ثرموجراف (Thermograph)، ويتركب من خزان معدني (Metal Bulb) قطره بوصة واحدة وطوله ١٢ بوصة مملوء بسائل يسجل تمدده على قرص معدني (Meatl Disc) يتصل بالخزان بواسطة أنبوبة طويلة قابلة للثني (Fiexible Tube)، ويتصل بالقرص ريشة مدببة تسجل درجة الحرارة على ورقة تسجيل (Chart) مبين عليها الدرجات والساعات والأيام، ويتصل أيضا بساعة (Clock) تدور دورة واحدة كل أسبوع، وبذلك تعمل على دوران الطبلة (Drum) المثبتة عليها ورقة التسجيل.

يختلف العمق الذي يدفن فيه الخزان المعدني تبعا للغرض الذي تستهدفه التجربة، فقياس درجة الحرارة السطحية لا يحتاج لأكثر من تغطية الخزان المعدني بطبقة رقيقة من التربة، أما إذا كان المطلوب قياس درجة الحرارة التي تنبت عندها البذور أو درجة الحرارة التي تنمو فيها الجذور- فإنه يجب وضع الخزان عند العمق المناسب.



جهاز الثيرموجراف .. لقياس درجة حرارة التربة

١/٣/١/٥/٤ الخواص الكيميائية للتربة Siol Chemical Properties

تشمل دراسة الخواص الكيميائية للتربة ما يلي:

(أ) محلول التربة.

(ب) تفاعل التربة.

(جـ) تبادل الأيونات بالتربة

(د) الأراضي الملحية.

(أ) محلول التربة Soil Solution

محلول التربة غير ماء التربة؛ وذلك لأن المحلول عبارة عن ماء التربة مذاب فيه كل المواد والعناصر الصلبة (الأملاح .. إلخ) ومن ثم فإن محلول التربة يعتبر أحد خواصها الكيميائية، أما ماء التربة فيعتبر أحد خواصها الطبيعية.

أثبتت الدراسات أن العناصر الأساسية لتغذية النبات بالتربة تصل إلى حوالي خمسة عشر عنصرا كلها فيما عدا الكربون والأكسجين والهيدروجين مأخوذة من التربة، ولا يمكن للنبات الحصول على هذه العناصر (أي امتصاصها) إلا وهي مذابة في ماء التربة، وتكون كمياتها كافية – ليست بالقليلة ولا بالكثيرة–؛ فالزيادة تضر كثيرا بالنباتات، كما لا تكون التربة خصبة إذا قلت منها كميات هذه العناصر عن المطلوب لحياة النبات.

(ب) تفاعل التربة Soil Reaction

تعتبر التربة حامضية (Acidic) إذا كانت أيونات الأيدروجين في محلول التربة أعلى في تركيزها من أيونات الأيدروكسيل (ايد) وقاعدية (Alkaline) إذا كان العكس، أما إذا تساوت درجة تركيز أيونات الأيدروجين والأيدروكسيل فتعتبر التربة متعادلة (Neutral)، ويعبر عن تفاعل التربة بالرقم الأيدروجيني (PH)، ويعتبر الرقم الأيدروجيني المناسب لنمو معظم النباتات هو ما بين الحامضية والقلوية ويزيد الرقم الأيدروجيني قليلا في معظم الأراضي الصحراوية الجافة على ٧، ولكنه يختلف في الأراضي اختلافا كبيرا من منطقة لأخرى، ويختلف في الطبقات المختلفة في نفس المنطقة، وتكون الطبقة السطحية من التربة عادة أكثر حموضة من الطبقات العميقة؛ ويرجع ذلك

إلى وجود الأحماض الناتجة من تحلل المواد العضوية في الطبقة السطحية، ولتسرب الماء الذي يحمل القواعد من الطبقة السطحية للتربة إلى الطبقات السفلى.

وللتضاريس تأثير كبير على الرقم الأيدروجيني للتربة، فيقل الرقم الأيدروجيني عند قمم الجبال عنه في الوديان؛ ويرجع ذلك إلى أن مياه الأمطار تحمل القواعد من المرتفعات إلى المنخفضات حيث تتجمع فيها، والتربة في المناطق الدفيئة تختلف ما بين المتعادلة وشديدة القلوية؛ وذلك لقلة سقوط الأمطار، وهذا من شأنه يعمل بقاء القواعد في الطبقة السطحية دون تسربها، ويعمل أيضًا على قلة تكوين الأحماض الناتجة عن تحلل المواد العضوية، أما التربة في المناطق الغزيرة الأمطار فتختلف ما بين الحامضية البسيطة والحامضية الشديدة.

وهناك علاقة بين الرقم الأيدروجيني وبعض الخواص الطبيعية والكيميائية للتربة، يتضح ذلك مما يأتي:

تتكون أملاح من فوسفات الحديد والألمونيوم في الأراضي التي يقل فيها الرقم الأيدروجيني عن (٥) ، وهي قليلة الذوبان في الماء، ولذلك لا يحصل النبات على ما يلزمه من الفوسفور، أما في الأراضي التي يتراوح الرقم الأيدروجيني فيها بين (٥) ونقطة التعادل (٧)، فنظرا لوجود الأيونات القاعدية تتكون فوسفات الكالسيوم والماغنسيوم وهي قابلة للذوبان في الماء.

ويحدد الرقم الأيدروجيني درجة ذوبان أملاح الحديد والمنجنيز والماغنسيوم والزنك اللازم لتغذية النبات، ففي المحاليل شديدة القلوية تصبح أملاح الحديد البسيطة عديمة الذوبان نسبيا مما يسبب فقدان اللون الأخضر في النباتات، ويرجع ذلك إلى أن عنصر الحديد يعمل كوسيط في تكوين اليخضور، وتزداد درجة ذوبان عناصر الألومنيوم والحديد والمنجنيز والزنك في التربة شديدة الحامضية إلى درجة كبيرة تجعلها سامة. ومن هذا يتبين أن الأراضي القريبة من المتعادلة هي الأنسب لنمو معظم النباتات.

من المعروف أن الحبيبات الغروية في التربة تحمل شحنات سالبة على سطحها، لا تتعادل إلا إذا تجمعت على سطح الحبيبات الغروية الأيونات القاعدية وخاصة ثنائية التكافؤ، مثل: الكالسيوم والماغنسيوم، أما أيونات الأيدروجين فهي غير كافية لتعادل الشحنات السالبة الموجودة على سطح الحبيبات الغروية، وبذلك تبقى الأخيرة في حالة

تنافر ولا تجتمع لتكون حبيبات مركبة مما يؤدي إلى قلة نفاذية التربة للماء ورداءة تهويتها، وتستطيع أيونات الكالسيوم والماغنسيوم في التربة القريبة من نقطة التعادل- معادلة الشحنات السالبة التي توجد على سطح الحبيبات الغروية، وعندئذ تتجمع هذه الحبيبات البسيطة لتكون حبيبات مركبة وتصبح التربة منفذة للماءة وجيدة التهوية. وفي التربة شديدة القلوية يزداد عدد أيونات الصوديوم أو البوتاسيوم التي توجد على سطح الحبيبات الغروية، مما يؤدي إلى تنافرها وعدم تجمعها، وهذا من شأنه إفساد الخواص الفيزيقية للتربة.

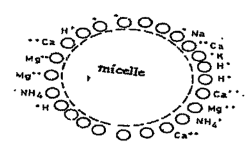
تضاف كميات من مسحوق الحجر الجيري من وقت لآخر لإصلاح الأراضي الحامضية التفاعل، وهذا من شأنه معادلة الأحماض فيها، وزيادة نسبة الكالسيوم فيها. ولعلاج الأراضي القلوية تستعمل المواد الحامضية التفاعل، مثل: الكبريت والكبريتات، وفي بعض الأحيان يكون لعملية غسيل التربة والصرف أثر في تقليل القلويه. فيجب أن يراعى عند استعمال الأسمدة اختيار خليط من المركبات التي تمد التربة بالعناصر المغذية اللازمة، وفي الوقت نفسه تغير من الرقم الأيدروجيني للتربة وتجعله ملائما لنمو النبات.

- تبادل الأيونات بالتربة **Ion Exchange**

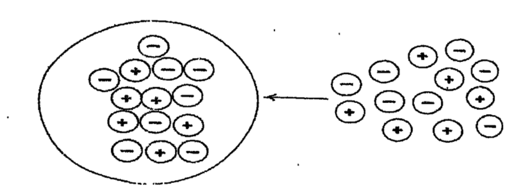
يحصل النبات على جزء من الأيونات اللازمة لتغذيته من الأيونات الممتزة على سطح الغرويات، ولمجموع هذه الأيونات أثر كبير على نمو النبات. وتتركب الحبيبات الغروية أساسا من سليكات الألمونيوم، وتوجد على سطوحها شحنات سالبة، ومن أهم الكاتيونات التي تمتصها على سطحها: (يد، كا، ما ، بو، ص) وهي مرتبة ترتيبا تنازليا حسب القوة التي تمسكها على سطوح الحبيبات الغروية. وعلى هذا الأساس يستطيع الأيدروجين أن يحل محل الكالسيوم أكثر مما يستطيع الكالسيوم أن يحل محل الأيدروجين، وهكذا بالنسبة لباقي الكاتيونات، وينتقل الكاتيون المزاح إلى محلول التربة وبهذا يتمكن النبات من امتصاصه، وتتم عملية الإحلال في الطبيعة عن طريق الأيدروجين الذي ينفرد من حامض الكربونيك، الذي يتكون من ذوبان ثاني أكسيد الكربون الناتج من تنفس الجذور في الماء، وكذلك الأيدروجين الذي ينفرد من الأحماض العضوية الناتجة من تحلل المواد العضوية، وتعتمد النباتات دائما على عملية الإحلال في الحصول على ما يلزمها من الكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم، وتحمل الحبيبات الغروية على سطوحها بعض الأيونات، ولكن القوة تكون أقل بكثير من القوة التي تمسك بها الكاتيونات، ومن هذه

الأيونات (فو أ ٤) وأما الأيونات الأخرى مثل (ن أ ٣) فلا تثبت على سطوح الحبيبات الغروية وتنتقل إلى محول التربة بسهولة.

وتتأثر كمية القواعد المتبادلة- التي تحملها التربة- تأثرا كبيرا ببعض العوامل، منها: نوع المناخ والمادة الأصلية والكساء الخضري، وتتوقف سعة التربة للكاتيونات المتبادلة أو أقصى كمية من الكاتيونات المتبادلة، التي تستطيع التربة حملها- على نسبة الغرويات في التربة، وكذلك على نوع الطين. ولكمية الأمطار أثر ملحوظ على نسبة الغرويات في التربة، وكذلك على نوع الطين، وأيضا على نسبة القواعد المتبادلة والرقم الأيدروجيني، ففي المناطق ذات الأمطار الغزيرة تحل أيونات الأيدروجين محل القواعد التي يغسلها الماء



النواة الغروية



عملية تجميع حبيبات التربة الدقيقة **Flocculation**

الراشح، ويزداد تبعا لذلك مجموع أيونات الأيدروجين، وتصبح التربة حامضية، أما في المناطق الجافة فيحدث عكس ذلك؛ إذ إن ندرة سقوط الأمطار وقلة الكساء الخضري يؤديان إلى بقاء القواعد على سطوح الحبيبات الغروية بدون إحلال، وبذلك تكون نسبة القواعد المتبادلة مرتفعة أو أيونات الأيدروجين قليلة فتصبح التربة قلوية.

(د) ملوحة التربة Soil Salinity

تختلف النباتات فيما بينها من حيث درجات تحملها لملوحة التربة، ويمكن تقسيمها على هذا الأساس إلى ثلاثة أقسام:

- نباتات لا تستطيع أن تعيش إلا في الأراضي التي تحتوي على نسبة بسيطة من الأملاح.
- نباتات تنمو في الماء المالح، أو في الأراضي التي تحتوي على نسبة عالية من الأملاح، وتعرف هذه المجموعة بالنباتات الملحية Halophytes.
- نباتات تستطيع أن تعيش في البيئتين، وتعرف هذه بالنباتات الملحية الاختيارية (Facultative Halophytes).

ويتأثر توزيع الأملاح في الطبقات المختلفة من التربة باختلاف العوامل الجوية في الفصول المختلفة. ففي فصل الجفاف يتبخر الماء على سطح التربة، ويتحرك الماء الشعري إلى أعلى عند السطح، حيث يتبخر. وباستمرار عملية التبخر تتجمع الأملاح في الطبقات السطحية، وفي الفصل الذي تسقط فيه الأمطار يحمل ماء المطر- أثناء رشحه- الأملاح من الطبقات السطحية إلى الطبقات العميقة.

ومن العوامل التي تساعد على تراكم الأملاح- على سطح التربة- وجود طبقة صلبة، أو غير منفذة للماء، بالقرب من السطح، وكذلك يعمل قرب مستوى الماء الأرضي من السطح على تراكم الأملاح أيضا.

وتنقسم الأراضي التي تحتوي على نسبة عالية من الأملاح التي تضر بالمحاصيل إلى ثلاثة أقسام:

- أراض ملحية Saline Soils

هي الأراضي التي تحتوي على كميات زائدة من الأملاح المتعادلة أو غير القلوية القابلة للذوبان، وخاصة الكلوريدات والكبريتات، ومن الأملاح القليلة الذوبان أو غير القابلة نسبيا يكثر وجود كبريتات الكالسيوم، وكربونات الكالسيوم والماغنسيوم، وتزيد نسبة الكالسيوم والماغنسيوم في القواعد المتبادلة، وهذه الخاصية تساعد على تجمع الحبيبات

البسيطة، مما يجعل التربة منفذة للماء، وبذلك يسهل علاجها بالغسيل والصرف، ولا يزيد الرقم الأيدروجيني في هذه التربة عن ٨،٥.

كانت هذه الأراضي تعرف قديما بالقلوية البيضاء؛ وذلك لتجمع الأملاح على هيئة قشرة بيضاء فوق سطح الأرض في أغلب الأحوال، وتعالج بالغسيل بالماء الكافي والصرف الجيد، لإزالة الأملاح من المنطقة التي تنتشر فيها الجذور إلى الطبقات السفلى من التربة بعيدا عن الجذور.

- أراضٍ ملحية قلوية **Saline - Alkali Soils**

يشبه هذا النوع من الأراضي النوع السابق في احتوائه على نسبة عالية من الأملاح، ولكن يختلف عنه في زيادة الصوديوم في القواعد المتبادلة ، كذلك فإن وجود أيونات الصوديوم المتبادلة بنسبة عالية من شأنه زيادة القلوية في الأرض وإفساد خواصها الفيزيقية عن طريق تفرق الحبيبات الغروية، مما يؤدي إلى تقليل نفاذية التربة للماء، وعدم توافر الظروف الملائمة لنمو الجذور. ويتلاشى تأثير الصوديوم في التربة في وجود الأملاح الذائبة، ويظهر مؤقتا عند رشحها وتسربها إلى الطبقات السفلى.

- أراضٍ غير ملحية قلوية **Non - Saline-Alkali Soil**

يتميز هذا النوع من الأراضي باحتوائه على نسبة أقل من الأملاح الذائبة، ونسبة عالية من الصوديوم المتبادل، ونظرا لقلة الأملاح الذائبة يظهر تأثير الصوديوم ولذلك تتصف هذه الأراضي بزيادة القلوية فيها- يتراوح الرقم الأيدروجيني بين ٨،٥-١٠ وبقلة النفاذية للماء، ويتميز بالصوديوم الموجود على سطح الغرويات، وقد تتكون كميات بسيطة من كربونات الكالسيوم، وتوجد المادة العضوية في حالة تفرق شديد وتتوزع على الحبيبات وتضفي على التربة لونا قاتما، لذلك أطلق عليها اسم التربة القلوية السوداء.

وتعالج هذه الأراضي بإضافة مسحوق كبريتات الكالسيوم (الجبس) وبذلك يحل الكالسيوم محل الصوديوم المتبادل، ويتحول الصوديوم وأملاحه إلى كبريتات صوديوم متعادلة، وينتج عن ذلك تحسن الخواص الفيزيقية للتربة، فتزيد نفاذيتها للماء وتصبح جيدة التهوية، ويمكن تحقيق هذا أيضا بإضافة مسحوق الكبريت.

- تأثير الملوحة على النباتات

إن زيادة تركيز الأملاح المتعادلة تتبعه زيادة في الضغط الأوسموزي لمحلول التربة، وهذا بدوره يؤثر على عملية الامتصاص؛ إذ إنه لكي تتم تلك العملية يجب أن يزيد الضغط الأسموزي لمحلول التربة على ضغطين جويين، ويرجع ذلك إلى أن هذه النباتات ليس لها أن ترفع ضغطها الأسموزي إلا لدرجة محدودة، وهذا عكس ما يحدث في النباتات الملحية التي تستطيع رفع ضغطها الأسموزي إلى درجة عالية جدا.

ونباتات المحاصيل التي تنمو في الأراضي الملحية تكون جذورها ضئيلة، ومعدل الامتصاص والنتح فيها منخفض، ولكن النباتات الملحية تمتص الماء بسهولة، ويتضح ذلك من ارتفاع معدل النتح فيها.

ويزداد النمو في النباتات التي تعيش على الأراضي الملحية في فصل الأمطار؛ إذ يعمل ماء المطر على تخفيف محلول التربة، كما يغسل الأملاح ويحملها إلى الطبقات العميقة، ولكثير من النباتات الملحية جذور سطحية، وهذا يجنبها الضرر الناتج من تراكم الأملاح في الطبقات العميقة، ورداءة التهوية الناتجة من تجمع الماء فيها.

يتضح مما سبق أن تأثير الأملاح يكون عن طريق رفعها للضغط الأوسموزي لمحلول التربة، ولكن هناك نوع آخر من التأثير الخاص ببعض الأملاح- تقل أهميته كثيرا عن السابق- وتتناسب درجة تجمع النباتات للأملاح مع درجة انتشارها وكثرتها في الطبيعة، فكلما قل انتشار ملح من الأملاح في الطبيعة- قلت قدرة النباتات على تحمل هذا الملح حتى في محاليله المخففة. ومثال ذلك: التأثير السام الذي ينجم عن وجود أملاح كبريتات النحاس حتى في محاليل مخففة، في الوقت الذي تتحمل فيه النباتات العادية محاليل من كبريتات الكالسيوم يصل تركيزها إلى درجة عالية.

٥/٥/١/٣/١ المادة العضوية بالتربة Soil Organic Matter

يرجع وجود المادة العضوية التي تحتويها التربة إلى بقايا النباتات والأوراق التي تسقط على سطح التربة، وكذلك الجذور التي تتركها النباتات بعد موتها داخل التربة وتأخذ هذه المادة العضوية في التحلل بفعل الكائنات الحية الموجودة بالتربة، وينتج عن تحللها انفراد بعض العناصر اللازمة لتغذية النبات، مثل: الكربون، والنيتروجين والكبريت

والفوسفور، وتتخلف مادة سوداء غروية تعرف بالدبال، وتوجد العناصر السابقة الذكر على صورة أحماض أثناء التحلل، مما يساعد على إذابة المركبات المعدنية في التربة، فتصبح سهلة الامتصاص.

ولكي نتتبع ما يحدث لبقايا النباتات أثناء تحللها يجدر بنا أن نشير بشيء من الإيجاز إلى المواد التي تدخل في تركيب النبات. لقد دلت التحليلات على أن أنسجة النبات الحي تتركب عادة من ٧٥٪ ماء، و ٢٥٪ تقريبا مادة جافة، وتتركب من الكربون والأيدروجين والأكسجين، (٩٠٪ تقريبا من وزن المادة الجافة) أما الجزء الباقي فيتركب من النيتروجين والكبريت والكالسيوم والفوسفور والبوتاسيوم وبعض العناصر الأخرى. وتوجد هذه العناصر التي تدخل في تركيب المادة الجافة على صورة مركبات عضوية مثل المواد الكربوهيدراتية كالسكريات والنشا والسليلوز واللجنين، ومن المواد البروتينية والدهون والزيوت والشمع والأحماض العضوية، أما المركبات غير العضوية أو المعدنية فتشتمل على مركبات الفوسفور والكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم والسليكون والألومنيوم والحديد والمنجنيز.

وتعتبر عملية تحلل المادة العضوية عملية إحيائية؛ إذ تتم بفعل الكائنات الحية الدقيقة الموجودة في التربة مثل: الفطريات والبكتريا والفطريات الشعاعية والحيوانات الأولية، وتتأثر عملية التحلل بالعوامل التي تؤثر على نشاط الكائنات الحية.

تتحلل النشويات والسكريات والمواد البروتينية والأحماض الأمينية بسرعة، بفعل أنواع عديدة من الكائنات الحية، أما اللجنين فهو من المواد التي تقاوم التحلل، ويطرأ عليه تغيير طفيف. وفي أثناء تحلل المادة العضوية تنفرد المركبات المعدنية البسيطة مثل مركبات الكبريت والفوسفور والبوتاسيوم والماغنسيوم والكالسيوم، وبعض هذه المركبات يمتصه النبات والبعض الآخر يحمله الماء الراشح إلى الطبقات العميقة، وتمر المواد البروتينية أثناء تحللها بالمركبات النيتروجينية البسيطة التي تدخل في تركيبها، وهي الأميدات الحمضية، ثم الأحماض الأمينية، وهذه تتحلل بدء رها إلى ثاني أكسيد الكربون، ومركبات النشادر وغيرها من المركبات النهائية، وقد ينتهي التحلل بتكوين النشادر الذي قد يمتصه النبات والكائنات الدقيقة على هذه الصورة، أو يتأكسد إلى نترات، أما

السليلوز (الهيميسيليولوز) والنشا والسكريات فتتأكسد إلى ثاني أكسيد الكربون والماء، وفي أثناء عملية التأكسد قد تمر بمركبات وسيطة مثل الأحماض العضوية والكحولات.

يمتص جزء من المواد التي تنتج من التحلل بواسطة الكائنات الحية الدقيقة، ويدخل في تركيبها، ويبقى الجزء الآخر في التربة، أما الجزء من المادة العضوية الذي يتخلف بدون تحلل- وهو الجزء الذي يقاوم التحلل لحد ما أويتحلل ببطء شديد - فيعرف بالدبال(Humus).

والدبال مادة غروية سوداء عديمة الذوبان في الماء، وتتركب من نسبة عالية من اللجنين (٤٠-٤٥٪) والمواد البروتينية (٣٠-٣٥٪). واجتماع اللجنين والمواد البروتينية يجعل الأخيرة تقاوم التحلل بفعل الكائنات الدقيقة، ويحتوي على نسبة بسيطة من الفوسفور والكبريت والكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم والحديد والألومنيوم.

ونظرا لبطء تحلل الدبال فإنه يعتبر مخزنا للنيتروجين؛ إذ إن مركبات النيتروجين البسيطة- التي تنتج أثناء تحلل المادة العضوية- يفقد معظمها عند رشح الماء في التربة.

ويلعب الدبال دورًا مهمًا في تحسن خواص التربة الفيزيقية والكيميائية، فهو يزيد من السعة المائية للتربة لصفته الغروية، ويساعد على تجميع الحبيبات الغروية لكثير من الشحنات السالبة، مما يزيد في قدرتها على الامتصاص السطحي للأيونات القاعدية، وبالتالي يزيد من خصوبة التربة.

والتبادل القاعدي تفاعل كيميائي مهم يحدث في غرويات التربة العضوية وغير العضوية والنواة الغروية (The Micelle) مشحونة بشحنة سالبة، ولها القدرة على تجميع كاتيونات الكالسيوم والماغنسيوم والبوتاسيوم والصوديوم والأيدروجين- وغيرها من العناصر- تجميعا سطحيًا (Adsorption)، ومن الممكن أن يحل أي كاتيون محل كاتيون آخر، وبذلك يذوب في محلول التربة، ويصبح قابلا للامتصاص بواسطة الجذور النباتية، وهناك ثلاثة أنواع رئيسية من غرويات الصوديوم وغرويات الكالسيوم.

وهذا يدل على أن للمادة العضوية (وخاصة الدبال) أهمية فيزيقية وكيميائية أيضا، ففي التربة الطينية رديئة التهوية- لقلة نسبة الفراغات غير الشعرية بها- تضاف المواد العضوية لها، وهي تعمل على تجميع الحبيبات الدقيقة على صورة حبيبات مركبة تحصر بينها فراغات بينية واسعة، وبذلك تزداد نسبة الفراغات غير الشعرية، ومن ثم تتحسن التهوية، وهذه العملية تسمى عملية التجميع (Flocculation or Gramulation).

٢/٣/١ الكساء النباتي (الخضري) The Vegetation

١/٢/٣/١/ تعريف:

النبت أو الكساء الخضري: هو مجموعة النباتات التي تغطي مساحة ما، قد يكون غابة بأشجارها وشجيراتها وأعشابها، وما يغطي أرضيتها من الحزازيات والفطريات والأُشن، وقد يكون مستنقعا يأوي أنواعا من البوص والبوط والسمار، وما على شاكلتها من النبت الذي ينمو في مثل هذه البيئة، وقد يكون من شتى أنواع الطحالب المغمورة في الماء، كما قد يكون من تلك الأعشاب التي تقطن البيئات الجافة، مثل: الكاكتوس والشيح.. إلخ مما ينمو في البادية أو أنواع الأُشنات القشرية التي تكسو صفحة الصخر العاري.

وليس الكساء الخضري بمجرد تجمع لتلك الأفراد النباتية، وإنما هو خلاصة التفاعلات التي تحدث بين عوامل عدة، ولعل أبرز هذه التفاعلات هو التأثير الذي تحدثه النباتات في البيئة التي تعيش فيها، وفي النباتات التي تشاركها المعيشة في هذه البيئة. فعندما تنمو الأشجار في رقعة من الأرض، فإنها تغير من ظروفها البيئية تغييرا كبيرا؛ إذ تخفض شدة الإضاءة وتكسر حدة الريح، كما تقلل تبخر الماء من التربة خاصة عندما يفترشها بساط من الأوراق المتساقطة ويصبح الهواء أكثر رطوبة تحت هذه المظلة من أشجار الغابة. وهكذا تختفي الشجيرات والأعشاب المحبة للضوء وتحل محلها تلك التي تزدهر في الأماكن الرطبة الظليلة. على أن أشجار الغابة لا تسيطر على الأنواع التي تنمو تحتها فحسب، بل إن لها أثرا عميقا -بعضها على بعض- فإذا كانت مزدحمة كثيفة، فإنها تنمو باسقة معتدلة ثم سرعان ما تفقد أفرعها نتيجة لعدم كفاية الإضاءة. وكثير من أنواع الأشجار لا تقوى على البقاء في مثل هذه الظروف، أما إذا كانت الغابة مفتوحة وأشجارها متباعدة- امتدت الفروع في كل جانب وغطت مساحة أوسع ونمت نموا أغزر وأجود. ومن دراسة الكساء الخضري دراسة مستفيضة يتضح أن له كيانًا عضويًّا، فهو كالكائن الحي يعتمد كل جزء منه على الآخر.

٢/٢/٣/١ أنواع الكساء الخضري Vegetation Types

- الكساء الخضري الطبيعي وغير الطبيعي

يقصد بالكساء الخضرى الطبيعي (Natural Vegetation) ذلك الكساء الخضري الذي يتكون في ظروف طبيعية خالصة، ولا أثر فيها لتدخل الإنسان، مثل: تكوينات

الغابات والمستنقعات النباتية والمراعي والصحراء وغير ذلك، كل هذه تمثل طرزا من الكساء الطبيعي؛ لأن عوامل البيئة الطبيعية هي وحدها التي تحكمت في نشاتها وتكوينها وفي ظهورها على الصورة التي هي عليها، ولم يتدخل الإنسان لإحداثها. وعلى النقيض من ذلك، تعتبر مزارع المحاصيل المختلفة كزراعات القطن والذرة وحدائق الفاكهة...إلخ وهي التي يزرعها الإنسان في الحقل لأغراض الاستغلال الاقتصادي كساء خضريًا غير طبيعي (صناعي) (Arteficial Vegetation)؛ لأن الإنسان يتحكم في وجودها في الصورة التي تبدو عليها.

وبين هاتين الحالتين المتطرفتين توجد حالة وسط يقتصر فيها تدخل الإنسان على تحوير طفيف في الحالة الطبيعية للكساء الخضري. ومن أمثلة هذا التحور ما يتبع عادة من عمليات تحسين المراعي الطبيعية من استئصال النباتات التي لا ترعاها الماشية أو التي تضر بها إن أكلتها من الكساء الطبيعي؛ وذلك لإفساح المجال للنباتات الصالحة للرعي لكي تنتشر وتسود وتحل محل النباتات المقتلعة، وهو تدخل يخل بالتوازن الطبيعي، ومن أمثلة تدخل الإنسان- أيضا بالإضافة إلى الرعي- الحرق وإدخال نباتات مستوردة إلى منطقة من المناطق النباتية الطبيعية- كل هذه التحورات تؤدي إلى تغيير الحالة الطبيعية للكساء الخضري، ولكن إلى حد محدود، ويسمى الكساء الخضري المحور كساء خضريا شبه طبيعي Semi- Natural Vegetation.

٣/٢/٣/١ نشأة الكساء الخضري Initiation of Vegetation

يبدأ الكساء الخضري في التكوين – في أية منطقة جرداء – بتجمع عدد من الأفراد النباتية، وبما يحدث بينها من فاعلية متبادلة نتيجة للتغير الذي يحدثه النبات في البيئة التي يعيش فيها. فقد يتسبب النبات في زيادة الماء أونقصه في التربة وفي زيادة الخصوبة أو تقليل الإضاءة بها، وبهذه التغييرات تصبح البيئة صالحة أو غير صالحة لنمو نباتات أخرى. هذا ويمكن متابعة نشأة الكساء الخضري في حقل بور أو حديقة، فإذا دمرنا كل ما كان فيها من نباتات وقلبنا التربة بحيث أصبحت البذور أو أعضاء التكاثر الأخرى على عمق لا يستطيع معه الإنبات وإنتاج نسل جديد – فإن هذه الأرض لا تبقى بورا، بل سرعان ما ينبت فيها العشب من جديد، ففي فصل النمو الأول تنمو بعض الأفراد متفرقة وغالبا ما تكون من الأعشاب الحولية (Annuals) وما أن يحل العام الثاني حتى يزداد عدد النباتات

زيادة كبيرة بظهور عدد من ثنائيات الحول، وربما بعض النباتات المعمرة (Perennials) إلى جانب الأعشاب الحولية، وهذه بدورها تزداد عددا بتكاثر بذورها وأعضائها الخضرية الأخرى وبما يفد عليها من أنواع جديدة تغطي وجه الأرض تدريجيا حتى تملئ المساحة كلها. غير أن الحوليات لا تلبث أن تختفي خلال كفاحها من أجل الحصول على الضوء والمواد الغذائية؛ ذلك لأنها تحتاج إلى التجديد كل سنة، بينما تظل النباتات المعمرة محتفظة بنموها فتستولي على الأرض في غياب الحوليات وتستأصلها تدريجيا، إلا أن بعض النباتات المعمرة أقدر على النجاح في هذه البيئة من البعض الآخر. ولذا فإنها بمرور الزمن تسود البقعة كلها سيادة تامة، وعلى هذا المنوال تستعمر النباتات الحصول المهجورة أو الدروب غير المطروقة في السهول الكبيرة التي تصبح بعد بضع سنوات مأهولة بالحشائش، بعد أن تمر بالأدوار التي ذكرناها، حتى يصل الكساء الخضري في نهاية المطاف إلى طور الغابة. وعلى هذا المنوال أيضا تكتسي الكثبان الرملية بالخضرة كما تكتسي البرك الضحلة أو قيعان البحريات الجافة أو المنحدرات الرملية أو المسطحات الطينية أو الصخور العارية. وبالجملة أية بقعة من الأرض أو الماء، وهكذا ينشأ النبت أو الكساء الخضري.

٤/٢/٣/١ تطور الكساء الخضري Evolution of Vegetation

يستغرق تطور الكساء الخضري - حتى يصل إلى مرحلة الثبوت- عدة مراحل مترابطة ترابطا تاما. وهذه العملية من الأهمية بحيث تصبح كل مرحلة منها ميدانا خاصا للدراسة لكل المساحات العارية الخالية تماما من البذور أو أعضاء التكاثر الأخرى تدين بما سوف ينمو عليها من النباتات للعمليات التالية:

- الهجرة Migration

تتضمن هذه العملية كل الوسائل التي تنتقل بها بذور النباتات أو أعضاء التكاثر الأخرى بعيدا عن آبائها أو موطنها الأصلي إلى المنطقة التي يجري استعمارها ، وقد تكون المسافة التي تقطعها البذور أو أعضاء التكاثر (البذور- الثمار- ريزومات - أعضاء خضرية.. إلخ)- طويلة أو قصيرة، وهي طويلة بنوع خاص في حالات الانتشار بالرياح أو تيارات المياه الجارية، غير أن الهجرة وحدها لا تكفي لإنتاج الكساء الخضري إذا اقتصرت على الانتقال ولم تتمكن الفصلات التكاثرية من النمو؛ إذ لابد للبذور من أن

تتبت في الأرض الجديدة، ولابد للبادرات أن تنمو إلى نباتات مكتملة النمو، ولابد لهذه الأخيرة بدورها أن تتكاثر. وإذا كان مقدر لهذه البقعة أن تكتسي بالنبت والخضرة فإنه يتحتم على الأعضاء المهاجرة أن تتخذ لها من البيئة الجديدة موطنا، ويعبر عن ذلك بمرحلة التوطن.

- التوطن **Ecesis**

بعد أن يستتب الأمر للطلائع الأولى المتفرقة من النباتات- فإنها تبدأ في التجمع أعدادًا كبيرة عن طريق التكاثر، وهذه عملية ثالثة تعرف بعملية التجمع.

- التجمع **Aggregation**

سرعان ما يؤدي التجمع إلى عملية أخرى هي التنافس.

- التنافس **Competition**

تنمو النباتات الغازية قبل تجمعها نموا حرا دون أي تنافس بينها، سواء على الماء أو الضوء أو المواد الغذائية؛ إذ تحتوي البيئة في هذا الطور المبكر من هذه العوامل على ما يفي بحاجة جميع النباتات، ولكن بعد أن تتجمع النباتات، وتتزاحم يصبح الطلب على مصادر الطاقة والمواد اللازمة للنباتات المتزايدة- أكثر مما تسمح به موارد البيئة وإمكاناتها، فهنا يبدأ التنافس، وتكون النتيجة أن الأقوى يكتسح الأضعف الذي يضمحل تماما، أو يصبح ضئيلا أو يموت، ويتم التنافس بين النباتات في سرعة زائدة لكنها غير ملحوظة. وقد قام أحد الباحثين بإجراء تجربة، وأوضحت النتائج أنه من بين ١٠٥٠٠ نبات من نباتات الدمسيسة(Ambrosia) التي نبتت وبدأت نموها في مساحة قدرها متر مربع واحد من أرض رطبة خصبة، لم ينتج منها سوى ١٩٢ نباتا فقط في ختام الموسم، أي: ما يوازي ١،٨٪، أما الباقي فقد مات نتيجة لعدم كفاية الضوء اللازم لصنع الغذاء، كما أن أحدا من الأفراد التي نجحت لم يصل إلى درجة النمو الكامل؛ إذ إنه على مساحة صغيرة كهذه لم يكن هناك من الطاقة الضوئية سوى ما يكفي لنمو القلائل نموا كاملا.

- التفاعل **Reaction**

عندما تنمو النباتات وتتنافس على المواد الضرورية فإنها تؤثر تأثيرا كبيرا في المكان الذي تعيش فيه، أو بمعنى آخر تتفاعل معه، أي أن المنافسة تؤدي إلى التفاعل، فتصبح

البقعة التي كانت من قبل معرضة للإضاءة الكاملة- مكانا يكتنفه الظل، وإذا كانت في الأصل أرضا رطبة فإنها تجف تدريجيا نتيجة لما يمتص منها من الماء، ثم يفقد عن طريق النتح، وإذا كانت في الأصل جافة فإن تجمع الدبال الناتج عن تعفن الجذور والسوق والأوراق الميتة يضيف إلى مقدرة التربة على الاحتفاظ بالماء، وبذا تصبح الأرض الجافة بالتدريج أكثر رطوبة عن ذي قبل: كذلك قد توقف النباتات حركة الحرارة وتصبح قليلة التغيير، ويحتوي الهواء على نسبة أكبر من بخار الماء عما كان من قبل، فيصير أكثر رطوبة، وبالإضافة إلى ذلك تزداد خصوبة التربة بما يتجمع فيها من دبال وما يعتمل بها من بكتريا وفطر، وهكذا تصبح التربة أكثر ملاءمة لنمو النبات.

- الثبوت **Stabilization**

يتضح مما سبق أن التغييرات التي حدثت في بقعة ما من الأرض أو الماء لا يستهان بها، إذ إن للخضرة من الأثر العميق ما يؤدي إلى تغيير العوامل المتعلقة بنمو النبات تغييرا كبيرا، لدرجة أن الأنواع النباتية التي سبقت إلى استيطان المكان تصبح غير قادرة على الاستمرار فيه؛ بسبب تغيير العوامل وحدة المنافسة، بينما تأتي أنواع أخرى لم تكن تقوى على النمو في بادئ الأمر، فتجد البيئة وقد تغيرت بهذه الكيفية فأصبحت أكثر ملاءمة لنموها، وهكذا نلاحظ حدوث تزحزح في المكان كلما تحورت البيئة بفعل تطور كسائها الخضري، ومن مظاهره أن تحل الشجيرات محل الأعشاب- متى كان تغير البيئة في صالح نموها- فتظل الأعشاب- ويقضى عليها بالتدريج، وقد تتمكن بذور الأشجار من الإنبات فتبدأ بادراتها بالنمو بين الشجيرات محتمية بها في بادئ الأمر، فإذا ما تمكنت من تثبيت جذورها فإنها تفوق الشجيرات في النمو، ولا تلبث أن تلقي بظلها الوارف فوقها، وقد تقضي عليها، ولكن لما كان من العسير أن يستمر تغيير البيئة إلى مالا نهاية- فإن الطور النهائي من أطوار تغير الكساء الخضري سواء أكان طور الأعشاب أو الشجيرات أو الأشجار لا يقرره سوى عامل المناخ. فإذا كان المطر ضئيلا والتبخر عاليا لم يبق من الماء سوى ما يكفي لنمو الحشائش القادرة على مقاومة الجفاف- وما في حكمها- كما هو الحال في الصحاري. أما إذا كان المطر غزيرا كما في كثير من بلدان العالم فإن الأحوال المناخية تسمح بنمو الأشجار الباسقة ولذلك فإنها تسود أعلى صور الحياة النباتية عامة. عندما يصل نمو الكساء الخضري إلى هذا الحد الذروي يقف تغير ظروف البيئة فلا تزداد خضرة التربة أكثر مما زادت، كما يظل المحتوى المائي للتربة والرطوبة ثابتتين، وكذلك تبقى شدة الضوء ثابتة ويكون الكساء الخضري في حالة توازن مع المناخ، وبمعنى آخر ثابتا

(Stabilized Vegetation)، فإذا حدث وأخليت رقعة من نباتاتها بالحرق أو التقطيع فإن الخطوات السابقة تتكرر جميعها الواحدة تلو الأخرى.

٥/٢/٣/١ تعاقب الغطاء النباتي Vegetation Succession

كلما تقدم النبت (الغطاء النباتي) في نموه في الساحة التي يشغلها- فإنه لا يبقى على حال واحدة بل تتعاقب على هذه المساحة مجتمعات نباتية مختلفة، وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة تعاقب النبت، وسواء أكانت مرحلة البداية في الماء أو على الصخر الأصم أو على التربة العادية- فإن هذا التعاقب ينتهي في المنطقة الواحدة بنفس الطور النهائي أو الطور الذروي بعد سلسلة من الأطوار المتعاقبة (المتتابعة)، فإذا بدأ التعاقب في البرك أو البحيرات أو المستنقعات أو أية بيئة مائية سمي (التعاقب المطرد في الماء (Hydrach Succession) وسميت المراحل المتتابعة بسلسلة التعاقب المائي (Hydrach Succession)، أما إذا بدأ التعاقب على الصخر العادي أو الرمال التي تحملها الرياح أو المنحدرات الصخرية، أو غير ذلك من المواقع التي تعاني نقصا كبيرا في الماء - سمي التعاقب المطرد في الجفاف (Xerarch Succession)، وسميت المراحل المتتابعة بسلسلة التعاقب الجفافي (Xerosere Succession) الذي يشتمل على تعاقب جفافي على الصخر (Lithosere Succession)، وتعاقب جفافي على الرمال (Psammosere Succession) وتنتهي سلسلتي التعاقب المائي والتعاقب الجفافي بمجتمعات نباتية متعادلة مع المناخ الذي توجد فيه: أما إذا كانا في نفس المناخ فإنهما ينتهيان بنفس المجتمع الذروي.

١/٥/٢/٣/١ سلسلة التعاقب المائي Hydrosere Succession

تمر سلسلة التعاقب المائي بالأطوار النباتية التالية:

- طور النباتات المغمورة Submeged Stage

هناك أنواع عدة من النباتات تنمو مغمورة تماما في الماء بقرب بشواطئ البحيرات وربما في البحيرة بأكملها، حينما يكون عمق الماء أقل من ٧ متر، وهذه النباتات المغمورة هي الطلائع الأولى في سلسلة التعاقب المائي. ومن أبرز هذه الطلائع بضعة أنواع من النباتات الزهرية مثل الألوديا (بقلة بوحنا) (Elodea) ونخشوش الحوت (Ceratophyllum) والحريش(Najas)، وهي تنمو على أعماق مختلفة وغالبا ما تثبت

جذورها في القاع الطيني أو الرملي، ويتوقف هذا على نـوع النباتـات، كـما يتوقـف بوجـه خاص على درجة صفاء الماء. وكثيرا ما تكون هـذه النباتـات كـتلا غزيـرة مـن الخـضرة، فالشقائق المغمـورة (Ranunculus) وحـامول المـاء (Utricularia) مـع عـدد كبـير مـن الطحالب المتفاوتة بين المجهرية والشبيهة بالأعـشاب مثـل الكـارا (Chara)- كـل هـذه تساعد على ملئ الماء ملئا تاما بالنباتات المتشابكة، وتبلغ غزارة نمو هـذه النباتـات مبلغـا عظيما خاصة في أواخر الصيف، عندما يكتمل نموها لدرجة تجعل سير الزوارق عسيرا أو مستحيلا في بعض المناطق الحارة. ولنمو هذه النباتات المغمورة سنة بعـد أخـرى- تـأثير ملحوظ في البيئة؛ وذلك لأن المواد التي تجرفها المياه وتحملهـا إلى البحـيرة تترسـب حـول النبـاتات، فهذه تقف عقبة أمام تقدمها، وتعمل على إضعاف سرعة التيارات. وفوق ذلك فإنه عندما تموت هذه النباتات المغمورة تترسب بقاياها في القـاع، حيـث تتحلـل جزئيـا، بسبب عدم التأكسد ومعها بقايا الحيوانات الميتة فتكون كتلة من الدبال (Humus) تـربط بين حبيبات التربة فتجعلها أكثر تماسكا، وهكـذا تنتهـي هـذه التفـاعلات التـي تـصنفها النباتات المغمورة إلى تقليل عمق الماء وبناء قاع البحيرة. ومـن الواضـح أن هـذه العمليـة ليست في صالح النباتات المغمورة الموجودة إذ ذاك في البحيرة، ولابد إن آجـلا أو عـاجلا أن يصبح الماء والعمق الجديدان بيئة صالحة لوفود أنواع جديدة من النباتات.

- طور النباتات الطافية **Floating Stage**

تبدأ أنواع مختلفة من النباتات الطافية- حينما يكون عمق الماء من ٢-٣ مـتر- في غـزو المساحة التي كانت فيما مضى مشغولة بالرواد من النباتات المغمورة، وتهاجر هذه النباتات الطافية بواسطة ريزومات من مواقعها الوطيدة في المياه الضاحلة، ومن أهم هـذه الأنـواع زنابق الماء المختلفة، مثـل: البـشنين (Nymphaea) والبوتـاموجيتون (Potamogetion) والبوليجونـم (Polygonum)، وكثير غيرها من الأجناس الأخرى تتكون منها عشائر من أنواع متعددة عادة، إلا أنه قد يكسو مساحات كبيرة نوعان أو نوع واحد فقـط مـن هـذه النباتات، ولكل هذه الأنواع جذور مثبتة في القاع ولها كلها تقريبا ريزومات قد يبلغ طولها بضعة أقدام، ولها سوق تعطي جـذورًا عنـد العقـد، وتكـون أعنـاق الأوراق أو الأنـواع متفاوتة في الطول بحسب عمق الماء بحيث تسمح للأوراق العريضة بأن تطفو في سـهولة على سطحه.

ويتكون المجتمع النباتي في بادئ الأمر من مزيج من النباتات الطافية والنباتات المغمورة، وخاصة تلك التي تلائم الماء القليل العمق، لكن كلما ازداد عدد الوافد من النباتات الطافية بتكاثرها وانتشارها تدريجيا من سنة إلى أخرى- شغلت أوراقها مساحات أكبر من سطح الماء، ونتيجة لذلك يحجب الضوء عن النباتات المغمورة ويصبح حتما عليها أن تهاجر إلى الأجزاء الأكثر عمقا. وغالبا ما تغطي سطح الماء كتل كبيرة من النباتات الطافية غير المثبتة، مثل: أنواع فصيلة عدس الماء (Lemna) وياسنت الماء (Eichornia) إلخ، فتعمل بشدة على حجب الضوء، ونظرا لتشابك سوق هذه النباتات الطافية تشابكا غزيرا- فإنها تساعد على ترسيب كثير مما يحمله الماء من رواسب بين ثناياها، وتعمل البقايا المتخلفة عن تعفن هذه الكتل الكبيرة من النباتات بسرعة على بناء تربة جديدة، غير أن التيارات المائية قد تكون سببا في إزالة هذه المواد المتراكمة كليا أو جزئيا، وهذا ما يساعد على بقاء المرحلة الطافية وقتا أطول، إلا أنه غالبا ما تسير عملية بناء التربة بسرعة تكفي لأن يصبح الجانب القريب من الشاطئ من هذه النباتات الطافية في غضون سنين طويلة- صالحا لنمو نباتات المستنقعات؛ ذلك لأن الماء إذا قل عمقا بدرجة كبيرة أضحى غير ملائم لنمو النباتات الطافية فلا تلبث هذه أن تتلاشى تدريجيا.

- طور النباتات القصبية **Reed Swamp Stage**

تصبح البيئة- باستمرار النقص في عمق الماء- ملائمة لنمو النباتات التي جذورها في القاع والتي تكون أجزاؤها السفلية مغمورة، في حين ترتفع أجزاؤها الخضرية فوق سطح الماء. فإذا ما وصل عمق الماء إلى ما بين ٣٠-١٢٥ سم- كان من الممكن لنباتات البوط (البردي) (Typha) والحجنة (البوص) (Phragmites)- أن تنمو في المناطق التي كانت تشغلها النباتات الطافية.

وتنمو الرواد من هذه النباتات في أكثر الأجزاء عمقا حتى ٢٠٠سم، أما الحجنة فإنها تنمو في أقل الأعماق. إلا أن هذه الأنواع قد تنمو مختلطة، ولكل هذه النباتات ريزومات كبيرة وكثيرة التفرع، وفي استطاعتها أن تنمو حتى إذا فشلت بذورها في الإنبات، وهناك أنواع أخرى قد تنمو في صحبة هذه؛ إذ تكون معها مجتمعات في بيئات مشابهة وهي أنواع أجناس السعد (Scirpus و Cyperus).. إلخ وهي كسابقتها تستطيع بأعوادها الطويلة وغزارة نموها أن تبسط نفوذها على الأماكن التي تنمو بها. ومن الواضح أن النباتات

الطافية سوف تصبح في حالة سيئة من حيث الإضاءة، وكلما تقدم نمو تجمع المستنقعات القصبية- اختفت نباتات من المجتمع الطافي حيث تهاجر إلى الخارج نحو الماء الأعمق وفي أثر النباتات المغمورة.

لا تقتصر فاعلية نباتات المستنقعات القصبية على تظليل سطح الماء، ولكنها تمتد إلى بناء شواطئ البحيرة باحتجازها للمواد الرسوبية التي تفرغ في البحيرة وبالتجمع السريع لبقايا النباتات، خاصة وأن نمو النباتات في هذا المجتمع يكون أغزر مما هو في المجتمعات السابقة، كما أن لأفراداه أنسجة دعامية قوية تقاوم عوامل التعفن، وهي في هذه النباتات واسعة الانتشار في الأعضاء الهوائية، وهكذا يقل عمق الماء. ومما يساعد على إتمام ذلك وجود أنواع ثانوية مثل ساجيتاريا (Sagittaria) والبوليجونم (Polygonum)، ونتيجة لذلك تصبح البيئة بالتدريج أقل ملاءمة لنمو أغلب أنواع نباتات المستنقعات القصبية.

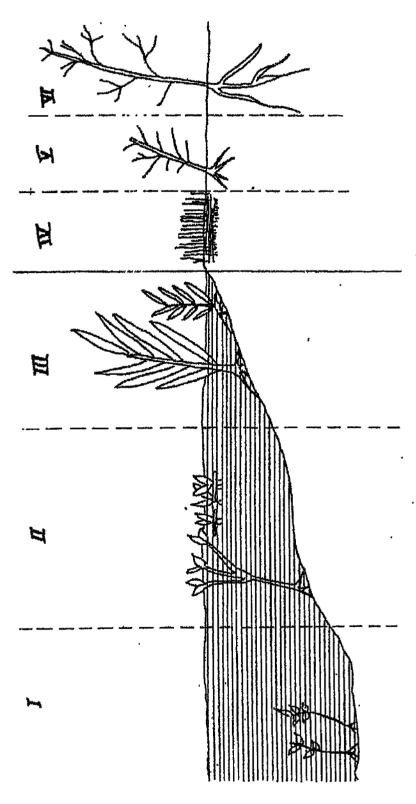
- طور المروج Sedge Meadow Stage

بانخفاض مستوى سطح الماء تقل قوة نمو البوص والبردي والسعد.. إلخ، وتبدأ أنواع أخرى في أخذ مكانها، وباختفائها تزداد كمية الضوء التي تتعرض لها النباتات الجديدة، مما يساعدها على النمو والازدهار، وهكذا يتغير طور المستنقعات القصبية تدريجيا إلى طور يسمى مروج السهار (Sedge Meadow Stage) التي تتألف من أنواع كثيرة من أجناس (Juncus و Carex و Eleocharis) وهي بريزوماتها المتينة المتشابكة وجذورها الرفيعة الكثيرة التفرع- تصنع ما يشبه النباتات البساطية، وبذلك تجف التربة بحيث لا تعود صالحة لنمو المجتمع السابق رغم أنها قد تغطى ببضع بوصات من الماء في الربيع والصيف المبكر، بيد أن هذا الماء قد يختفي في أواخر الصيف وتبقى التربة مشبعة بالماء، أما سطح الماء فينخفض بضع بوصات تحت سطح التربة، وبهذا قد توجد درجات عدة من البلل بحسب مدة تقدم نمو الغطاء النباتي وعدم الانتظام في سطح الأرض، مما يترتب عليه أن تبقى بعض جذور من الحجنة أو البردي في المنخفضات مدة طويلة كآثار من المجتمع القديم، وكدلائل على وجود مستنقع سابق، وهناك كثير من الأعشاب التي تنمو بين أجزاء مجتمع السهار. وتقوم هذه النباتات بتجميع حبيبات التربة وبقايا النباتات التي يحملها الماء والريح. وقد يضيف السهار بمفرده بضعة ملليمترات من الدبال كل سنة، وينتج عن نتح السهار فقد كميات من ماء التربة. وفي النهاية تصبح بيئة مجتمع المروج

في حالة من الجفاف لا تصلح لنمو النباتات المحبة للماء التي تتلاشى بالتدريج ليحل محلها غيرها من النباتات التي تكون مجتمعا آخر، وقد يكون المجتمع الجديد من الحشائش أو غيرها في المناطق الجافة، أما في المناطق الرطبة فقد يتكون مجتمع شجيري.

- الطور الشجيري **Shrubby Stage**

عندما يصل ارتفاع مستوى سطح الأرض إلى الحد الذي تصبح فيه التربة مشبعة بالماء، في بعض أوقات العام فقط وجافة نسبيا في بقية العام- تبدأ بعض أنواع الشجيرات والأشجار في الظهور. ويستهل الغزو في هذا الطور بالأنواع التي تحتمل البقاء في التربة المشبعة كالصفاف (Salix) والحور (Populus) .. إلخ، وتؤثر هذه النباتات العشبية على البيئة؛ بما تنشره على سطح الأرض من ظلال وبما تخفضه من مستوى الماء الأرضي عن طريق الاستمرار في بناء التربة وتجفيفها بالنتح الشديد. وتصبح تلك التربة الظليلة الأكثر جفافا- بيئة صالحة لنمو أنواع من النباتات أكثر احتمالا للشمس والجفاف من نباتات المروج البردية، التي كانت سائدة في الطور السابق، ولذلك تختفي النباتات الأخيرة وتمتد المروج البردية خطوة تجاه المستنقع المتراجع نحو النهر أو البحيرة بالتدريج، وفي نفس الوقت تحل محل المروج البردية أعشاب تحتمل الظل وتنمو بين الأشجار والشجيرات.



رسم تخطيطي يوضح مراحل تطور الكساء الخضري في البيئة المائية

- طور الغابة الذروية Climax Forest

تتاح الفرصة لأشجار جديدة- باستمرار تراكم الدبال وازدحام التربة الرطبة بالبكتريا والفطريات والكائنات الأخرى التي تزيد من خصوبتها- أن تغزو الرقعة بنجاح. ويصاحب كل نوع من الأشجار ظهور الشجيرات الخاصة، والتي ترافقه عادة حيثما وجد، وتغزو الأشجار وتزداد كثافتها بالتدريج في الأجزاء الأجف من التربة؛ حيث التهوية الحسنة، كما تصبح القمم أكثر ازدحاما وكثافة، وبعد أن تلتحم تلك القمم ويتصل ظلها- تصبح الظروف غير ملائمة لتكاثر أنواع كثيرة من الأشجار التي غزت السلسلة، خاصة في باكورة الغابات أو تصبح بادارتها غير قادرة على النمو في الظل، وبذلك يختزل عدد الأنواع بعد عدة أجيال وينتهي الأمر بتكوين غابات نقية من نوع واحد أو أنواع محددة من الأشجار. يحدث مثل هذا الفرز والانتخاب أيضا في طبقتي الشجيرات والأعشاب، وتحل النباتات الوسطية (Mesophytes) أي: ذات الاحتياجات المائية المتوسطة محل النباتات المائية (Hydrophytes) السابقة. بهذه الطريقة تتحول الرقعة التي كانت في وقت ما مغمورة بالماء إلى غابة، ويجب ألا يغيب عن الذهن أن التعاقب سلسلة متصلة ومتدرجة ببطء شديد، وأن الأطوار التي تقدم ذكرها إنما هي حلقات محددة في سلسلة التعاقب، فتنتهي كل حلقة منها بسيادة صورة من صور الحياة التي تمر بها السلسلة، واكتمل وضوحها في هذه الأطوار. وقد توجد عملية تعاقب النبت هذه بكامل مراحلها على شواطئ البحيرات أو الأنهار، وتحتفظ المراحل في تتابعها الأفقي الحالي من الماء الضحل إلى الغابة بهذا التتابع في الاتجاه الرأسي كلما ارتفع قاع الجسم المائي فتكون الغابة هي الطبقة العليا.

١/٣/٢/٥/٢ سلسلة التعاقب الجفافي Xerosere Succession

١/٣/٢/٥/٢/١ سلسلة التعاقب الجفافي على الصخر Lithosere Succession

تمر سلسلة التعاقب الجفافي بالأطوار الجفافية التالية:

- مرحلة (طور) الأُشن القشرية Crustose – Lichen Stage

لا تحتوي المملكة النباتية إلا على قلة ضئيلة من النباتات التي يمكنها أن تثبت نفسها وتنمو على سطوح الصخور الملساء العارية؛ وذلك بسبب الجفاف الشديد ونقص التغذية

والتعرض الشديد للشمس ولدرجات الحرارة المتفاوتة، وليس ثمة سوى الأُشن القشرية (Crustose Lichens) هي التي تستطيع النمو في مثل هذه المواقع، وهي تزدهر في أثناء فترات الطقس الممطر ثم تبقى في حالة جفاف لفترات طويلة أثناء فصل الجفاف. والمعروف أن الأُشن عبارة عن فطر (Fungus) وطحلب (Alga) يعيشان معيشة متكافلة، فالفطر يعيش على الطحلب مندمجا معه في جسم الأُشن؛ لضمان حاجته من المواد الكربوهيدراتية من الطحلب، وهذا بدوره يحتمى بالفطر القشري ضد الجفاف. للأُشن القشرية قدرة خارقة على امتصاص ماء المطر والاحتفاظ بقدر كبير منه، كما أنها تستطيع الحصول على مواد الغذاء المعدني بإخراج ثاني أكسيد الكربون الذي يذوب في الماء مكونا حامضا مخففا يذيب الصخر ببطء، وبذلك تستطيع أشباه الجذور أن تخترقه لمسافة بضعة ملليمترات في بعض الأحيان، ولا تلبث هذه الأُشن أن تنتشر على الصخور البعيدة بواسطة أبواغها التي تحملها الريح، أو بواسطة أعضاء تكاثرها الخاصة المعروفة بالسوريديا، وهكذا تستطيع أنواع من أجناس Lecanora و Lecidea - Rinodena و Rhizocarpon – أن تستعمر هذه الصخور العارية وتلعب دورًا مهما في تحويل الصخر إلى تربة . ولا يقتصر فعلها على الأجزاء التي تلامس الصخر، ولكن تأثير حامض الكربونيك التآكلي وربما بعض الإفرازات الأخرى يمتد بعيدًا عن حواف القشرة الأشنية أثناء المطر، وهذا يساعد على الامتداد البطيء للأُشنة أو يهيىء مهادًا صالحة لنمو أشن جديد.

وبهذه الكيفية تساعد الأُشن على تآكل وتفتيت الصخر إلى جانب العوامل الأخرى، وباختلاط الحبيبات الصخرية مع بقايا الأُشن تصبح الأحوال ملائمة لنمو أنواع أخرى من النباتات. هذا وتتوقف السرعة التي تتكون منها كمية صغيرة من التربة إلى حد كبير على طبيعة الصخر ذاته، وعلى الأحوال المناخية، ففي حالة حجر البازلت مثلا في مناخ جاف قد تستمر مرحلة الأُشن القشرية لمئات من السنين، أما في حالة الحجر الجيري أو الحجر الرملي في مناخ رطب فإن ما يحدث من تغير يسمح بغزو الأُشن الورقية في مدى جيل واحد من الزمن.

– مرحلة الأُشن الورقية Foliose Lichen Stage

تظهر الأُشنات الورقية، وهي التي تثبت نفسها في الصخر في نقطة واحدة أو بحافة واحدة بمجرد تجمع القليل من التربة، بخلاف الأُشن القشرية التي تلتصق بالصخر

وبجميع سطحها. وتحل الأُشن الورقية تدريجيا محل الأُشن القشرية في الأجزاء الأكثر تآكلا من الصخر، وفي التجاويف وفي بعض المواضع الأقل تعرضا للشمس، وتعمل أجسام الأُشن الورقية الشبيهة بالأوراق المفلطحة على تظليل الأُشن القشرية تظليلا تاما، فإذا امتنع الضوء عن الأخيرة ماتت وتعطنت، ويجد الماء الذي تتشربه بقايا الأُشن القشرية المتحللة طريقه إلى الأُشن الورقية، فيكون لها مورد مائي وفير. كذلك ينقص التبخر بدرجة كبيرة، وتستقر بين ثنايا الأُشن الورقية قطع من أُشن متفتتة ينقلها إليها الماء والهواء، ويختلط هذا الفتات بالأتربة المنقولة، وهكذا يتجمع الدبال سريعا. وتنحر الأحماض التي تنتجها النباتات الحية والمتعفنة في الصخور باستمرار. وفي الواقع يعتبر التغيير في ظروف البيئة الذي يصحبه الانتقال من طور الأُشن القشرية إلى طور الأُشن الورقية- من الأهمية بمكان، وبدرجة لا تقل عنه في أي جزء من أجزاء السلسلة الجفافية ومن أمثلة الأُشن الورقية – Parmelia, Dermatocarpon, Umbilicaria

– طور الحزازيات القائمة **Moss Stage**

يبدأ ظهور الحزازيات حالما تتجمع كميات كافية من التربة في الشقوق والمنخفضات الصغيرة من الصخور، وتتكون عادة من أنواع من الحزاز الأسود المسمى (Grimmia) والحزاز الشعري من جنس (Polytrichum)، والحزاز اللولبي من جنس (Tortula)، وهذه قد تكون وافدة من مسافات بعيدة بواسطة أبواغها التي حملتها الرياح، وتنافس أشباه جذور تلك الحزازيات أشباه جذور الأُشن الورقية على الماء والمواد الغذائية. كما تزيد أفرعها الهوائية على الأُشن في الارتفاع. ولا تقل هذه الحزازيات عن الأُشن مقدرة على مقاومة الجفاف وقد توجد معها في طور واحد، وفي حالات قليلة تسبق الحزازيات الأُشن، ثم سرعان ما تتجمع التربة بين السوق القائمة للحزاز؛ إذ إنها تموت من أسفل بينما يستمر نموها من أعلى . وبذلك تبنى البيئة الجديدة وتزداد المساحة التي تشغلها ازديادا مضطردا، ويمكننا أن نلمس الفرق بين عمق التربة تحت هذه الحزازيات الذي قد يبلغ البوصة أو يزيد وبين عمق الطبقات الرقيقة من التربة التي توجد تحت الأُشن الورقية وبين الصخر الصلد الذي يوجد تحت الأُشن القشرية – بأن تغرس نصل سكين في مكان نمو كل من هذه الأنواع، ويلاحظ أحيانا وجود أُشن شجيرية وخاصة من جنس (Cladonia,Stereocaulon) مع الحزاز، تتخلى الأنواع الورقية عن مكانها للحزاز، وتأخذ في الرحيل إلى المساحة التي تستغلها الأُشن القشرية . وغالبا ما توجد هذه الأطوار الثلاثة مجتمعة على نفس الصخرة حيث يشغل الرواد الأوائل أكثر المواقع تعرضا.

- طور النبات العشبية Herbaceous Stage

إن فاعلية الحزاز في تكوين التربة والاحتفاظ بها ذو أثر كبير، لدرجة أن بذور مختلف الأعشاب الجفافية وخاصة الحوليات قصيرة العمر (Short-life Annuals) سرعان ما تستطيع الإنبات، وتبلغ طور النضج، ولو أن الأجيال الأولى منها قد تنمو قصيرة ضئيلة بسبب جفاف التربة وقلة خصوبتها - إلا أن جذورها تستمر في عملية تفتيت الصخور، وبتوالي السنين تعمل بقاياها المتحللة على إضافة الكثير من الدبال إلى التربة . تبدأ النباتات الثنائية الحول (Biennials) وكذا المعمرة (Perennials) في الوفود وبالتدريج، ولا تفتأ أعدادها في الازدياد كلما تحسنت أحوال البيئة. وكلما ازداد تشابك الجذور وتظليل التربة سارت عمليات تفتيت الصخر وتجمع الدبال والمواد الغذائية سيرا حثيثا، فتنخفض درجات الحرارة والتبخر المتطرفة وتزداد درجة الرطوبة ازديادا طفيفا، كما تقصر فترات الجفاف، كما أن الكائنات الحية الدقيقة التي تعيش في التربة - مثل البكتريا والفطر والحيوانات- تزداد عددا وتصبح أحوال البيئة بالتدريج أقل جفافًا فتبدأ الأنواع ذات الجذور السطحية الشديدة المقاومة للجفاف مثل أنواع جنس: (Verbascum,Aristida,Festuca, Poa) في النمو مع نمو بعض السراخس الصخرية مثل: (Potentilla, Solidago,Funaria) المقاومة للجفاف، وهذه العشيرة الجديدة تتفاعل مع البيئة وخاصة فيما يتعلق بتقليل الإضاءة مما يسبب تدميرا واضحا للحزازيات والأُشن الورقية التي تأخذ أعدادها في التناقص التدريجي.

- طور الشجيرات Shrubby Stage

تجد النباتات الخشبية الظروف مواتية لنموها بعد تهيئة التربة الملائمة على النحو المتقدم بواسطة الأُشن والحزازيات والأعشاب، وقد تبدأ الشجيرات والأشجار الصغيرة نموها من البذور أو تنتقل الأجزاء الخضرية بالريزومات من بقاع مجاورة. ويستهل هذا الطور نباتات ذات ريزومات متشابكة تمتد تحت سطح الأرض وتنبثق منها أفرع هوائية كثيفة مورقة، وتعلو هذه الأفرع على الأعشاب وتظللها، وعندما يبلغ نمو الشجيرات حدا خاصًا من الكثافة تجد نباتات الطور السابق أن البيئة من حولها قد تغيرت بشكل يستحيل معه أن تستمر في نموها، ولذلك تختفي معظم النباتات العشبية وتمتلئ التربة بالجذور الغليظة المتشابكة، كما تجد الأوراق المتساقطة مكانا تأوي إليه بين السيقان الميتة، وتستمر

الجذور العميقة في نحت الصخور وتفتيتها وتفتيح ثقوبها. وتصد الشجيرات الرياح وتعوق حركتها كما تزيد الرطوبة فوق طبقة الأوراق المتحللة التي تغطي سطح التربة المظللة، وتقل كثيرا سرعة التخبر من سطح الأرض. تهيئ كل هذه الظروف- مضافا إليها ازدياد خصوبة التربة وسعتها المائية وقدرتها على الاحتفاظ بالماء- بيئة مناسبة لبادرات الأشجار وتؤذن باقتراب طور الأشجار.

- طور الغابات الذروية Climax Forest

تكون الأشجار الأولى عادة أشجارا جفافية (Xerophytic Trees) تنعكس عليها ظروف الحياة الجفافية الصعبة في ضآلة نموها، ولكن باستمرار عمليات التعرية، وازدياد عمق التربة- تزداد الأشجار عددا وغزارة نمو، وبذلك تتكون الغابة. ومع الازدياد المضطرد في شدة الظل تصبح الشجيرات المحبة للضوء غير قادرة على البقاء، ولذلك تحل محلها نباتات متوسطة الرطوبة وأكثر احتمالا للظل تعيش تحت قبة الأشجار المورقة، وبمجرد أن تثبت الأشجار الوافدة حديثا أقدامها تنعقد لها السيادة والتحكم ولا تستطيع أن تعيش معها إلا النباتات التي تتحمل الظل، وبذلك تختفي من المجتمع جميع الشجيرات والأعشاب التي لا توائمها الظروف الجديدة.

وهكذا تتغير البيئة في سلسلة التعاقب الجفافي كما تتغير في سلسلة التعاقب المائي من بيئة متطرفة إلى أخرى متوسطة من حيث العلاقات المائية، ويقابل ذلك تغيير مماثل في الكساء الخضري من نباتات جفافية أونباتات مائية إلى غابة ميزوفيتية (وسطية) Mesophytic Forest .

١/٣/٢/٥/٢/٢ سلسلة التعاقب الجفافي على الرمل
Psammosere Succession

أجريت دراسات مستفيضة على التعاقب فوق الكثبان الرملية في كثير من بلدان العالم (الولايات المتحدة الأمريكية – أستراليا- باكستان – الهند – تونس- مصر- روسيا- الصين ... إلخ) وخاصة في المناطق الساحلية لتلك البلدان، ووجد أن الخضرة تبدأ على هذه الكثبان الرملية في البداية بنباتات شديدة الجفافية، ثم تنتهي إلى غابة ميزوفيتية (وسطية) من أنواع من الأشجار والشجيرات تختلف باختلاف المناطق والبلدان والمناخ، ووجد كذلك أنه لا يمكن أن تكون في مثل هذه البقاع كثبان رملية ضخمة؛ إذ إن ما يمكن أن تبنيه بعض الرياح قد تهدمه رياح أخرى، إلا إذا كانت النباتات التي تصنع عوائق تضطر الرياح القادمة من الجسم المائي (البحر- البحيرة ... إلخ)- إلى ترسيب

حمولتها من الرمال على النباتات التي يزداد حجمها زيادة مستمرة، ولابد لمثل هذه النباتات أن تكون شديدة الجفافية أو قادرة على أن تصمد للدفن الجزئي تحت الرمال أو قادرة على الاستمرار في الازدهار، إذا أزيحت من حولها كميات كبيرة من الرمال لدرجة تكشف أعضاءها الأرضية ولو جزئيا.

- الكثبان الرملية الصغيرة **Small Sand Dunes**

من أنجح النباتات التي تنمو على الكثبان الرملية الصغيرة هي:

قصب الرمال (Ammophila) — حشيشة القمح (Agropyron) — والصفصاف (Salix) والحور (Populus)- وكرز الرمال (Prunus)- وبوص الرمال (Calamorifa)- والهالوبيرام (Halopyrum) وكل هذه النباتات لها قدرة خارقة على الاستطالة عموديا، حيث تجمعت أكوام الرمال حولها. وبعض الحشائش والشجيرات تتكاثر بوفرة بواسطة ريزوماتها التي تعمل متضافرة مع الجذور المتشابكة على تثبيت الرمال. وقد تبلغ الكثبان ثلاثة أمتار في الارتفاع أو أكثر. وعملية تثبيت الرمال بتلك الأنواع من النباتات الرملية (Psammophytes)- أي النباتات التي تستطيع أن تنمو وتكون عشيرة نباتية على الكثبان الرملية- ليست حديثة، ولكنها من أزمان قديمة حيث وجد أن الإسكندر المقدوني قام بإحضار عدد كبير من أشجار الحور (Populus euphraticus) إلى واحة سيوه في صحراء مصر الغربية؛ وذلك لاستخدامها في تثبيت الكثبان الرملية في تلك الواحة خاصة حول بحيراتها (مثل بحيرة سيوه)، ولا تزال توجد حتى الآن بعض من أشجار نبات الحور تستخدم في تثبيت الرمال؛ حيث وجد أنه في الأماكن المنخفضة التي تتعرض لإزاحة الرمال عنها إلى ما يقرب من مستوى الماء الأرضي- فإن أشجار الحور قد تنمو سريعا مكونة عائقا جديدًا تتجمع حوله التربة التي تحملها الرياح، أما في الرمل الجاف فلا يحدث تكاثر خضري، ولا تستطيع أفراد جديدة أن تبدأ حياتها كما أن الكثبان الرملية التي تنمو عليها أشجار الحور هي أعلى الكثبان وأكثرها انحدارا، وقد تصبح الأشجار مدفونة دفنا يكاد يكون تاما ومع ذلك تظل حية.

- الكثبان الرملية المتحركة **Mobile Sand Dunes**

كلما ازداد حجم الكثبان الصغيرة وارتفاعها أصبحت العوامل أكثر ملاءمة لتجمع الرمال، غير أن النباتات التي تثبتها تكون قد ابتعدت كثيرا عن مستوى الماء كل سنة. وأشجار الحور بالرغم من مقدرتها على المعيشة تحت الرمال إلا أن ذلك لا يكون إلا في

حدود ارتفاع معين من الكثيب الذي تعطيه الرياح شكلا جديدًا، وتفقد النباتات أماكنها ويبدأ الكثيب في التحرك وتذرو الرياح الرمال المفككة، فتحيلها إلى أكوام ضخمة أو سلاسل من الكثبان المواجهة للرياح تمتد إلى مسافات طويلة في انحدار رقيق، أما الجانب المقابل فإنه يكون عادة شديد الانحدار، وهكذا تكنس الرياح المنحدرة الجانب المواجه لها حاملة منها أو مدحرجة- الرمال إلى أعلى حتى تصل إلى قمة التل، وهناك تنحدر هابطة على الجانب شديد الانحدار. وتتحرك الكثبان الرملية إلى الأمام عدة بوصات سنويا ولكنها تتقدم دائما، فلا تلبث الخضرة (الغطاء النباتي) التي توجد في المنطقة منذ القدم أن تتغطى تماما بواسطة هذه الرمال المتحركة، وعندما تنحسر الرمال ثانية نتيجة لعامل الرياح (أو خلافه) – تنكشف بقايا الغطاء النباتي المطمور.

- الكثبان الرملية الثابتة **Stabilised Sand Dunes**

.يبدو الغطاء النباتي كأنه غير قادر على إيقاف الكثبان سريعة التحرك رغم أن بعض النباتات الجفافية قد تستطيع النمو فوقها، ولكن كلما تحرك الكثيب بعيدًا عن الجسم المائي (البحيرة مثلا) بمقدار كيلو متر أو أكثر خفت حدة الكثبان، وخاصة عن طريق الكثبان الأخرى التي تستجد بينه وبين شاطئ البحيرة، وهكذا تبدأ الخضرة في تثبيت جذورها عند قاعدة المنحدر في الجانب البعيد عن الشاطئ على حافة الكثيب أو مجموعة الكثبان؛ حيث تتوافر الرطوبة في التربة والوقاية من الرياح، وقد تزحف النباتات إلى أعلى المنحدر بطريقة التكاثر الخضري. ونبات قصب الرمال وغيره من الرواد النباتية الجفافية الرملية هي من أوائل النباتات التي تظهر مكونة عشيرة نباتية رملية ثم يليها نمو غزير من الشجيرات والأشجار من أنواع الصفصاف (Salix) والكرم (Vitis) والكرز البري (Prunus)، وفي سرعة كبيرة تحل غابة ميزوفيتية شاملة أشجار وشجيرات متنوعة تبعا للمناخ السائد.

- **تعليق**

وهكذا تتغير البيئة تماما في سلسلتي التعاقب الجفافي والمائي من بيئة متطرفة إلى أخرى متوسطة؛ حيث العلاقات المائية وسطية، يقابل ذلك تغيير مماثل في الكساء الخضري من نباتات جفافية أو نباتات مائية إلى غابة ميزوفيتية (Mesophytic forest)، وإذا بدأت سلسلتي التعاقب الجفافي والمائي تحت مناخ واحد- فإن الطور الذروي سيكون متشابها. ونلاحظ أيضا أن هذه السلاسل نصفها مبدئيا بحسب المحتوى المائي للمساحة الأولية

التي تتطور بها. وكذلك فإن نوع الماء الموجود يكون في الغالب هو الضابط، ونتيجة لذلك فإن سلاسل التعاقب المائي في المساحات الملحية تعرف بسلسلة التعاقب الملحي (Halosere Succession)، أضف إلى ذلك أنه بينما يكون سطح الصخر والرمل في درجة واحدة تقريبا من الجفاف- فإن الفروق بينهما من حيث الصلابة والاستقرار تكون سببا في حدوث سلاسل مختلفة كل الاختلاف. وهناك سلسلة التعاقب الجفافي على الصخر (Lithosere Succession)، والتعاقب الجفافي على الرمال (sammosere Succession) ونلاحظ في كل عمليات التعاقب الجفافي والمائي أن النباتات تعمل على أن يتم تغيير الوسط البيئي المتطرف إلى وسط بيئي وسطي.

١/٣/٢/٥/٣ الطور الذروي (الذروة) The Climax Stage

تظل عمليات التطور والتنمية تسير لفترة طويلة من الزمن، لدرجة أن الكساء الخضري المستقر أو الذروي قد أصبح يشغل الجانب الأعظم من مساحة الأراضي التي مضى على تكوينها أمد طويل. وقد تكون المراحل الأولية أو المتوسطة من التعاقب غير واضحة وضوحا كافيا، غير أنها موجودة في كل مكان بوفرة تكفي لتحكي القصة الكاملة للسبيل الذي سلكه الكساء الخضري في المساعدة على تحويل الصخور الجبلية والرمال المتحركة وشواطئ البحيرات والأنهار- إلى تربة حقيقية صالحة لنمو النباتات الوسطية مكونة غابات ذروية، وتتبدى القصة في أوضح صورها خاصة في فيافي الجبال الصخرية وعلى المرتفعات التي تعمل فيها عوامل التعرية، وعلى المنحدرات المفككة المكونة من الرمال والحصى، أما تحويل البرك والمستنقعات والبحيرات إلى أراضٍ جافة، فكما أنه يحدث حاليا- فإنه قد حدث على نطاق واسع في الأزمنة الغابرة، والدليل على ذلك تجمعات المواد العضوية المتحللة وطبقات الفحم المغطاة بالأتربة.

وبرغم أن التتابع العام في سلسلة من السلاسل يسير بنفس النظام في كل مكان تقريبا- إلا أن المرحلة الأخيرة أو الغابة التي يمكن أن ينتهي إليها تطور الكساء الخضري، أي: المجتمع الذروي النهائي- شيء يحدده المناخ السائد، حيث تكون هناك حالة اتزان كامل بين المناخ ونوع الغطاء السائد- وهذا الغطاء النباتي يكون ثابتا غير متغير، إلا إذا حدث تغيير ما في المناخ وخاصة كميات الأمطار وتوزيعها السنوي ودرجات الحرارة، ومن ثم كانت كل المجتمعات الذروية للغطاء النباتي في العالم نتيجة للعوامل المناخية

السائدة. وتشتمل هذه المجتمعات على الغابات الاستوائية دائمة الخضرة، والغابات متساقطة الأوراق صيفا، والغابات متساقطة الأوراق شتاء، والسافانا، والتندرا، والغابات الألبية، والصحاري، وغابات الشورة، وكل هذه الأنواع من الغطاء النباتي الذروي تعتمد في تكوينها على الأمطار ودرجات الحرارة.

- الذروة الناقصة **Subclimax** والذروة اللاحقة **Postclimax**

عندما يكون هناك عامل بيئي (أو عوامل لبيئة ما) غير العوامل المناخية السائدة- تعمل على عدم استكمال مراحل تطور الكساء الخضري في منطقة ما وتعرقله في مرحلة الذروية- فإنه يطلق عليها الذروة الناقصة (Subclimax)، حيث يكون غطاؤها النباتي غير مكتمل التطور، ويختلف عن الغطاء النباتي السائد. والعكس إذا كانت هناك عوامل بيئية (أو عامل بيئي واحد) غير العوامل المناخية تدفع عملية تطور الكساء الخضري إلى مرحلة متقدمة من الطور الذروي السائد في المنطقة ، فإنه يطلق عليها مرحلة ما بعد الطور الذروي (الذروة اللاحقة Postclimax).

١/٣/٢/٦ وحدات الكساء الخضري Units of Vegetation

تتفاوت العوامل المناخية تفاوتا كبيرا فوق مساحة متسعة من الأرض كالقارة مثلا، وبالتالي تتفاوت حالات نمو وتكاثر وانتشار النباتات ويتنوع الغطاء النباتي، فالبعد عن المحيط والاختلاف في خطوط العرض (Latitudes) والارتفاع (Altitudes)... إلخ، كلها تؤثر تأثيرا عميقا في كمية المطر ودرجة الحرارة وغيرها من العوامل المناخية، وتستجيب النباتات لهذه الاختلافات بتوزيعها في مجموعات تتعادل كل منها تعادلا وثيقا مع مركب العوامل المناخية الخاصة بها. والمجموعات الكبرى من الكساء النباتي مثل الغابة وأرض الحشائش والصحراء- من الأشياء المعروفة منذ أمد بعيد.

وعند دراسة الكساء الخضري لقارة من القارات أو لبلد من البلدان أو لمنطقة من المناطق- يجب أولا أن نتعرف على وحدات هذه الكساء الخضري التي تشتمل على:

١/ ٣/ ٢/ ٦/ ١ التكوين النباتي Plant Formation

١/ ٣/ ٢/ ٦/ ٢ العشيرة النباتية Plant Communtiy

١/ ٣/ ٢/ ٦/ ٣ الجماعة النباتية Plant Society

١/٦/٢/٣/١ التكوين النباتي Plant Formation

التكوين النباتي هو الوحدة العظمى للكساء الخضري، وهو أعلى مراتب المجتمعات النباتية وأكثرها شمولا، فهو مجتمع مكتمل التطور أو مجتمع ذروي لمساحة طبيعية تكون فيها العلاقات المناخية الأساسية متماثلة أو متشابهة. وكل تكوين عبارة عن كيان عضوي مركب ومحدود، ذو تركيب وتطور مميز له، وهو من إنتاج المناخ ومميز له، أي أنه تحت المناخ المتشابه تكون التكوينات النباتية متشابهة، والعكس صحيح. إن كل تكوين يحدد المناخ بالإضافة إلى العوامل الأرضية(التربة)، ومن ثم فإن التكوينات النباتية التي تحدد صفاتها العوامل المناخية تسمى بالتكوينات النباتية المناخية (Climatic Plant Formations)، أما تلك التي تحددها عوامل التربة فتعرف باسم التكوينات النباتية التربية (Edaphic Plant Formations).

وكما سبق ذكره، فإن التكوينات المناخية التي تكون تحت عوامل مناخية متشابهة فإنها تتشابه في صفاتها العامة وإن اختلفت في تركيبها الفلوري أحيانا (أي أنواع النباتات التي تتكون منها)، وبالمثل تتشابه التكوينات التربية (من التربة) في جميع المناطق ذات التربة المتشابهة، وإن اختلفت في تفاصيل تركيبها الفلوري وخصائصها المميزة.

ومن أهم التكوينات النباتية المناخية ما يلي:

- الغابات الاستوائية المطيرة ذات الخضرة الدائمة، وهي موزعة في منطقة جزر الملايو وأفريقيا الوسطى الاستوائية وأمريكا الوسطى.
- الغابات ذات الأوراق المتساقطة صيفا، وهذه توجد في وسط أوروبا وغربها وشرق الولايات المتحدة الأمريكية.
- غابات المخروطيات ذات الأوراق المتساقطة، وهذه توجد في شمال أوروبا.
- سهولة المراعي الدافئة بالولايات المتحدة الأمريكية وكندا وجنوب روسيا.
- مناطق السافانا في قارة أفريقيا.
- التكوينات النباتية للمناطق القطبية الباردة.

- التكوينات النباتية للمناطق الجبلية الباردة (الألب).
- الصحاري، وتوجد في شمال أفريقيا وشيلي وبعض الأجزاء من غرب أمريكا الشمالية والجنوبية وأستراليا.

- المستنقعات القصبية Reed Swamps

وهذه توجد في سائر أنحاء العالم مغطية المياه الضحلة على شواطئ البحيرات والأنهار والقنوات بطيئة التيار.

- الكثبان الرملية Sand Dunes

توجد أيضا في كل أنحاء العالم على امتداد سواحل البحار وعلى شواطئ الأنهار وكذلك الصحاري الداخلية.

- المستنقعات الملحية Salt Marshes

توجد كذلك في كل أنحاء العالم على امتداد السواحل وكذلك في الواحات الداخلية بعيدا عن البحار.

ويحدد التكوينان الأخيران (الكثبان الرملية والمستنقعات الملحية) خصائث التربة الفيزيقية والكيميائية، ويتفق كل نوع منهما من حيث صفاته العامة في جميع المناطق المناخية في العالم، ويقتصر الاختلاف في المناطق المختلفة على أنواع النبات التي يتكون منها كل تكوين.

تحدد طرز التكوينات النباتية المختلفة صورة الحياة (Life Forms) المميزة للنباتات السائدة، وتعرف النباتات السائدة (The Dominant Plants) بأنها تلك التي تضفي على المجتمع النباتي شكله العام ومظهره الذي يميزه عن غيره من المجتمعات، كما أنها، قد تهيمن على التركيب النباتي أو التركيب الفلوري (Floristic Composition) للمجتمع أما صورة حياة النبات (Form Growth) فيقصد بها الصورة الخضرية لجسم النبات من حيث شكله وارتفاعه وموقع براعمه، إلى غير ذلك من الصفات التي يرتبط بها تاريخ حياته. فالأشجار ذات الأوراق العريضة المتساقطة كأشجار البلوط والزان، والأشجار ذات الأوراق الأبرية دائمة الخضرة تمثلان صورتين من صور الحياة التي تسود تكوينات

الغابات الشمالية، كما تمثل النباتات الوسادية تحت الشجرية والأعشاب الحولية التي تموت أعضاؤها الخضرية في نهاية الفصل المطير، وتتكاثر في العام التالي بالبذور- صورتين من صور الحياة التي تسود التكوين النباتي الصحراوي، أما في تكوينات المراعي، فإن صورة الحياة السائدة هي تلك الأعشاب المعمرة ذات الأفرع الهوائية المورقة التي تنبثق كل ربيع من براعم متجددة عند سطح الأرض أو تحته ثم تجف في الخريف، وتظل كامنة حتى الربيع التالي.

- ١/٣/٢/٦/٢ **العشيرة النباتية Plant Community**

يشتمل كل تكوين ذروي على اثنين أواكثر من الأقمام الكبرى التي تسمى العشيرة (المجتمع) النباتية، وهذه العشائر الذروية والإقليمية تشترك معا في بنية التكوين النباتي، ويتحدد عدد العشائر النباتية في أي تكوين نباتي حسب عدد المناخات الثانوية داخل المناخ العام للتكوين، وأيضا تبعا لأنواع التربة وشكل الأرض (العوامل الموقعية).

تتميز كل عشيرة رئيسة بواحدة أو أكثر من الأنواع النباتة السائدة الخاصة بها (Dominant Species). والعشيرة بصفة عامة متجانسة في جميع أجزائها من حيث المظهر الخارجي وفي بنائها البيئي، وربما في الأنواع النباتية التي تتركب منها (التركيب الفلوري).

- ١/٣/٢/٦/٣ **الجماعة النباتية Plant Society**

توجد داخل العشيرة النباتية أحيانا مجتمعات نباتية أقل مرتبة مكونة من أنواع تحت رئيسة، تحتل مواضع مختلفة من العشيرة، وتعرف هذه- بالجماعات النباتية (Plant Societies) ويسود كل جماعة نوع واحد من النباتات، وقد يكون هو الوحيد الموجود بالجماعة التي تتكون عادة في بقاع داخل حدود العشيرة النباتية، تختلف فيها العوامل البيئية العامة اختلافا موضعيا فقط (Local Variation)، وكذلك توصف هذه الجماعات بأنها جماعات موضعية أو مكانية (Habitat Societies)- ونوع النبات (النبت) الذي يسود الجماعة هو عادة أحد الأنواع تحت الرئيسة بالنسبة للعشيرة كلها، بينما تعتبر سائر الأنواع الأخرى التي تتركب منها العشيرة داخل العشيرة تحت رئيسة بالنسبة إليه، أي أن الجماعة تمثل سيادة داخل سيادة.

وهناك جماعات يقتصر وجودها على بعض أطوار العشيرة دون البعض الآخر وتعرف أمثال هذه الجماعات بالجماعات الموسمية (Aspect Societies)، ففي أحد فصول العام تحتل إحدى الجماعات بقعة من البقاع داخل العشيرة، بينما تحتلها جماعة أخرى في فصل آخر، أو تخلو منها الأرض خلوا تاما، ومن أمثلة الجماعات المظهرية في الصحاري- جماعات الغاسول الفورشكالي (Mesembryanthemum forskalei) الذي يظهر في فصل الربيع فقط.

والعلم الذي يدرس الغطاء النباتي يطلق عليه علم البيئة النباتية الاجتماعية [Plant Sociology (Phytosociology)] أو يطلق عليه أيضا(EcologyVegetation)، وتختلف الأفرادالنباتية التي تكون الجماعة أو العشيرة أو التكوين النباتي- تبعا لدورة حياتها وأعمارها، فهناك النباتات الموسمية (Ephemerals)، وهذه يطلق عليها نباتات قصيرة العمر (Short-lived plants)؛ لأنها تنهي دورة حياتها في أسابيع(من ٦-٨ أسابيع فقط) بعد الأمطار، وإذا لم تسقط الأمطار لا تظهر هذه النباتات، أما النباتات الحولية (Annuals)، فهي تلك التي تنهي دورة حياتها خلال عام واحد بعد سقوط الأمطار أيضًا. وبالمثل النباتات ثنائية الحول (Biennials)، وهي التي تنهي دورة حياتها في أكثر من عام وأقل من عامين. وهذه أيضا لا تظهر إلا في الأعوام المطيرة، وفي المقابل هناك النباتات المعمرة (Perennials) التي يستمر تواجدها لعشرات السنين في الصحراء، مادامت العوامل البيئية لم تتغير، وظهور هذه النباتات المعمرة واستمرار بقائها لا يعتمد على الأمطار إلا في بداية حياتها وبعد ذلك تعتمد على المياه الجوفية التي تصل إليها بجذورها العميقة في باطن الأرض.

* * *

الفصل الثاني

الجغرافيا النباتية
Phytogeography

يختص علم الجغرافيا (Geogrephy) بدراسة تاريخ وتطور القشرة الأرضية وارتباط ذلك بالحياة النباتية والحيوانية وتتأثر كل هذه الظواهر المتغيرة تأثرا كبيرا بعوامل المناخ، ومن ثم فإن علم الجغرافيا يمكن أن يقسم إلى فرعين أساسيين:

- الجغرافيا الطبيعية – **Physical Geography**

الذي يهتم بدراسة تاريخ ظواهر القشرة الأرضية الطبيعية مثل الجبال والوديان والسهول والأنهار... إلخ، وتأثر ذلك بالمناخ.

- الجغرافيا البيولوجية – **Biological Geography**

أو (Biogeography)، الذي يهتم بدراسة تاريخ وتوزيع ظواهر أنواع الحياة على الكرة الأرضية شاملا الإنسان (Human Geography) – والحيوان (Animal Geography)، والحشرات (Insect Geography)، والنبات (Plant Geography) وتأثر ذلك بالمناخ.

وسيكون موضوع دراستنا: الجغرافيا النباتية الذي يطلق عليها (Phytogeogrophy) (phyto=plant)، وهو العلم الذي يدرس تاريخ وتوزيع وكثافة الأنواع النباتية المختلفة على الكرة الأرضية سواء باليابسة أو بالماء. وبالطبع فإن العامل الأساسي الذي يؤثر تأثيرًا مباشرًا على توزيع النباتات، هوالمناخ الذي يقال عنه العامل الأعظم، ويساويه في الأهمية عامل التربة للنباتات التي تعيش على اليابسة، وملوحة الماء بالنسبة للنباتات المائية.

تعتبر الجغرافيا النباتية من المواد الأساسية لدارس علم النبات- بصفة عامة-، والمختص في فروع التصنيف الزهري والفلوري والبيئة -بصفة خاصة-، ولا يمكن لأي منهم الاستغناء عن دراسة توزيع النبات أو الغطاء النباتي الذي يقوم بدراسته سواء في

العالم أو في القارة أو في البلد... إلخ، ولعلم الجغرافيا النباتية أهمية اقتصادية كبيرة؛ حيث يمكن من خلاله أن نحصل على صورة واضحة لأنواع الكساء الخضري على الكرة الأرضية، والذي يتكون نتيجة للمسافات المتنوعة؛ الباردة منها والحارة، والجافة منها والمطيرة. فمن النباتات التي تكون الكساء الخضري يحصل الإنسان على حاجته من الغذاء والأخشاب والملابس والبلاستيك والروائح والكاوتشوك والأصباغ، ومعظم لوازم حياته الأساسية. وكما نعلم فإن تكوين الغطاء النباتي في أي مكان على ظهر الأرض يتم نتيجة لعمليات متعاقبة، تبدأ بالهجرة ثم الاستيطان ثم التجمع والاستعمار ثم التنافس، يليها التفاعل الذي يؤدي إلى الثبوت والاستقرار، أي أن نمو أي نبات بري يبدأ بعملية الهجرة، أي؛ هجرة أجزاء التكاثر: (البذرة – الجرثومة – الريزومة – النبات الكامل... إلخ) من مكان وجودها إلى حيث تبدأ في تكوين نبات جديد (أو غطاء نباتي جديد) تكون موضوعًا أساسيًا في دراسة علم الجغرافيا النباتية، ومعها لابد من التعرف على العوامل التي تعوق هجرة أجزاء التكاثر، ومنه يمكن أن نستنتج نوعية توزيع النباتات المختلفة على ظهر الأرض.

- هجرة أعضاء التكاثر Migation of Propagules

تنتج النباتات عددا وفيرا من الثمار والبذور، فإذا سقطت هذه بالقرب من النباتات المنتجة، لها وكانت الظروف مهيأة للإنبات نشأت النباتات الجديدة متزاحمة الجذور والسيقان، وعندئذ لا يتمكن كل نبات من الحصول على ما يلزمه من ضوء أو ماء أو غذاء، ويزداد التنافس بين النباتات؛ وذلك لأن ما تحتاج إليه يفوق ما تشتمل عليه هذه المساحة المحددة من ماء وغذاء، ويترتب على ذلك ضعف النباتات مما قد يؤدي إلى انقراضها، ولكي تتحاشى النباتات قسوة التنافس؛ لتحافظ على جنسها، تميزت ثمارها وبذورها ببعض الخصائص التي تساعد على حملها بواسطة الرياح أو الحيوان أو الماء وبذلك تنتشر النباتات بعيدة عن بعضها، لتستوفي احتياجاتها من ماء وغذاء دون تنافس. وهناك بعض نباتات لها ثمار تتفتح بطرق ميكانيكية ينتج عنها انتشار البذور بعيدا عن النبات.

(أ) الهجرة بواسطة الرياح

تنفرد الثمار والبذور التي تنتشر بواسطة الرياح ببعض صفات تساعد على سهولة الحركة، ومن بين هذه الصفات صغر الحجم وخفة الوزن، كما في بذور الأراشيد (Orchids)، وفي ثمار بعض النباتات مثل ثمرة أبي المكارم (Machaerium tipa)، حيث

تمدد غلاف الثمرة ويأخذ شكل الجناح، وفي ثمرة الحميض يظهر الكأس على هيئة أجنحة، ومن الصفات الأخرى التي تساعد على الانتثار بواسطة الرياح- وجود شعيرات على البذور أو الثمار، ففي بذور القطن تمتد خلايا القشرة الخارجية لتكون شعيرات، وفي ثمار العائلة المركبة، مثل: ثمرة الحميض(Somchus)، يمثل الكاس عددا من الشعيرات والزغب الذي يوجد أعلى المبيض، وفي نباتات الخشخاش (Papaver) يحمل الثمرة حامل صلب مرن يتحرك جيئة وذهابا بواسطة الرياح، وفي أثناء هذه الحركة تنطلق البذور خلال الثقوب التي توجد أعلى الثمرة.

(ب) الهجرة بواسطة الحيوان

تمتاز الثمار التي تنتشر بواسطة الحيوان بألوانها الجذابة وغلافها الشحمي وتكون بذورها مصونة إما بطبقة صلبة تمثل الطبقة الداخلية لغلاف الثمرة كما في الثمار الحسلية، أو بقشرة صلبة كما في الثمار اللبية، ولذلك لا تصاب هذه البذور بضرر إذا ما التقطتها الطيور والحيوانات الأخرى، ومرت في قناتها الهضمية حيث تفرز المواد الحمضية، وعندما تلفظ هذه البذور خارج جسم الحيوان مع الفضلات- تنبت عندما تتوفر لها الشروط الملائمة. وفي نبات الدبق (Mistletoe)، يكون الجزء الغض من الثمرة لزجا، فعندما تتغذى عليه الطيور تعلق البذور بمنقارها، وعندما تحاول التخلص منها بحك منقارها في فرع شجرة تنتقل البذور إليه حيث تنبت عندما تتهيأ لها الظروف الملائمة.

وهناك نوع آخر من الثمار التي تنتشر بواسطة الحيوان تتميز بوجود أشواك أو خطافات على سطحها مما يسهل تعلقها بفراء الحيوان أو ريش الطيور، ومن أمثلة ذلك ثمار الشبيط(Xanthium)، والبرسيم الحجازي (Medicage sativa)، والست المستحية(Mimosa).

وعندما تسير الحيوانات على الطين تعلق بأقدامها بعض البذور والثمار، وبذلك تنقلها من مكان إلى آخر ويقوم النمل بنصيب في نقل بذور النباتات العشبية لمسافات محددة، وتكون لهذه البذور عادة بسباسة (Aril) تجذب النمل.

ويعلب الإنسان دورًا مهما في نقل البذور، وذلك باستيرادها من بلدان أخرى لأغراضه الزراعية والاقتصادية.

(ج) الهجرة بواسطة الماء

تقوم المياه الجارية في الأنهار والقنوات بنقل ثمار أو بذور بعض النباتات من مكان لآخر، وكذلك تجرف مياه السيول والأمطار ثمار وبذور النباتات الصحراوية، وتحملها من منطقة إلى أخرى، وتمتاز الثمار والبذور التي تنتشر بواسطة الماء بقدرتها على الطفو؛ وذلك لخفة وزنها أو لاحتوائها على فراغات هوائية ، كما تمتاز أيضا بعدم نفاذية جذورها للماء. وتتمثل هذه الصفات في ثمار جوزة الهند؛ إذ يتركب الجدار فيها من غلاف خارجي غير منفذ للماء وغلاف سطحي ليفي خفيف جدًّا؛ لاحتوائه على فجوات هوائية وغلاف داخلي خشبي صلب، وتحتوي الثمرة على بذرة لها أندوسيرم، بداخله فراغ كبير يشغل الهواء معظمه.

(د) الهجرة الميكانيكية

هنالك ثمار تتفتح بقوة عندما يتم نضجها وجفافها، وتقذف بالبذور إلى مسافات بعيدة؛ ففي الثمار الناضجة لبضع نباتات العائلة كبسلة الزهور (Lathyrus)، وهي ثمار قرنية تنشق فيها الجذور طوليا من جانبيها البطني والظهري ثم يلتف مصراعا الثمرة التفافا حلزونيا يؤدي إلى قذف البذور بعيدا عن النبات.

وفي ثمار الدهمة (Erodium) ، والجارونيا (Geranium) يظل القلم باقيا في الثمرة، وعند نضجها ينشق إلى أجزاء؛ إما أن تلتف حول نفسها كما في ثمرة الدهمة أو تلتوي إلى أعلى كما في الجارونيا وفي كلتا الحالتين تقذف بالبذور بعيدا عن النبات.

- الحواجز Barriers

هي تلك الموانع الطبيعية والبيولوجية التي تعوق انتشار النبات أو الغطاء النباتي في أماكن كثيرة من سطح الأرض.

فكما هو معروف فإن نباتات زهرية كثيرة مثل الأمارانتيس (Amaranthus) ينتج كل عام ملايين البذور التي تكفي لوجود هذا النبات في كل مكان من أنحاء العالم، ولكن الحقيقة غير ذلك حيث لا يوجد هذا النبات إلا في بلاد محدودة، ومن ثم فلابد وأن تكون هناك موانع أو حواجز منعت استيطان بادراته في بعض البلاد، ويمكن أن تكون هذه العوامل العائقة:

١- موانع مناخية　　　　٢- موانع موقعية.

٣- موانع التربة.　　　　٤- موانع بيولوجية.

١- موانع مناخية

بالطبع لكل نبات مناخ معين يستطيع أن يعيش فيه، فنباتات المناطق الباردة لا تنمو وتتكاثر إلا في الأجواء الباردة، ونباتات المناطق الحارة تحتاج لدرجة حرارة عالية فإذا هاجرت بذرة نبات من المناطق الباردة إلى المناطق الحارة بأي عامل من عوامل الهجرة ربما تنبت لتعطي البادرة، ولكنها لا يمكن أن تستوطن المكان الجديد لاختلاف المناخ.

٢- الموانع الموقعية

وتحدث غالبا في المناطق الجبلية حيث تقف الجبال عائقا في طريق انتقال البذور من مكان إلى مكان، ربما يكون صالح لنموها وتكاثرها، بالإضافة إلى أن المساحات الشاسعة للمياه تعوق انتشار نباتات اليابسة، والمساحات الشاسعة من اليابسة تعوق انتشار النباتات المائية.

٣- موانع التربة

تمثل التربة كذلك أحد الموانع التي تحتجز استمرار وجود النباتات، فالنباتات الملحية لا تنمو إلا في تربة مالحة، والنباتات التي لا تتحمل الملوحة لا يمكنها أن تنمو إلا في التربة عديمة الملوحة، وهذا يعني أنه حتى النباتات التي يمكنها المعيشة تحت تأثير مناخ واحد، يكون توزيعها محددا بنوع التربة ودرجة ملوحتها.

٤- موانع بيولوجية

وهي كثيرة ، فهناك عوامل بيولوجية داخلية فسيولوجية تمنع نمو النباتات إلا في البيئة الصالحة لها، وعوامل بيولوجية خارجية مثل تدخل الإنسان بالتقطيع الجائر ورعي الحيوانات، وتأثير النباتات على النباتات (التنافس)... إلخ. وكل هذه العوامل تعوق انتشار النبات أو الغطاء النباتي على ظهر الأرض.

وبناء على ما سبق يمكن تقسيم النباتات بصفة عامة إلى أربع مجموعات تبعا لنوعية انتشارها ووجودها على سطح الكرة الأرضية، فهناك النباتات واسعة الانتشار

(Cosmopolitan)، التي توجد في معظم القارات بالعالم. والنباتات محدودة الانتشار التي توجد في بعض هذه القارات وعلى مسافات متباعدة هي نباتات محصورة (Endemic)- في منطقة واحدة من بلدها أو في بلد واحد من قارة ما أو في قارة واحدة من قارات العالم.

وسنقوم هنا بإلقاء الضوء على التوزيع الجغرافي للنبات في العالم تبعا لأنواع المناخات المتنوعة التي تكون أحزمة مناخية (تباع لخطوط العرض) تنشأ في إطارها أنواع مختلفة من الكساء الخضري كما سيتضح في الصفحات التالية:

التوزيع الجغرافي للنباتات في العالم

Geographical Distribution of Plants in the World

قسم العالم من الناحية المناخية إلى ستة أقسام (مناطق) وعليه فإن كل قسم يتميز بنوع معين من الغطاء النباتي والأقسام المناخية هي:

١- المنطقة شديدة البرودة	1- Very Cold Region
٢- المنطقة الباردة	2- Cold Region
٣- المنطقة المعتدلة الباردة	3- Cool Temperate Region
٤- المنطقة المعتدلة الدافئة	4- Warm Temperate Region
٥- المنطقة القارية المعتدلة	5- Cool- Warm Temperate Continental Region
٦- المنطقة الحارة	6- Hot Region

١- المنطقة شديدة البرودة Very Cold Region

- الموقع العالمي والمناخ

تغطي المنطقة شديدة البرودة شمالا في أمريكا الشمالية، والمناطق الواقعة على حدود المحيط المتجمد، حدودها الجنوبية خط عرض ٦٦ درجة شمالا نحو الغرب وخط عرض ٥٥ شمالا في الشرق، يكون صيف هذه المناطق باردا، وشتاؤها شديد البرودة يصل إلى سالب٢٣°م، هذا وتختلف درجات الحرارة سنويا اختلافا كبيرا بين فصلي الصيف والشتاء، ويصل هذا الاختلاف إلى سالب١١°م. كمية الأمطار السنوية قليلة للغاية تكون غالبا في الصيف، أما في الشتاء فإن الأمطار تأخذ شكل الثلوج حيث تهبط درجة

الحرارة تحت الصفر. والمتوسط السنوي للأمطار ٤٨٠مم، وتمثل الثلوج شتاء حوالي ٢٧٪، والأمطار صيفا ٧٣٪ .

- الغطاء النباتي

تهبط درجة الحرارة صيفا إلى ١٠°م، أي تصل لدرجة الحرارة التي عندها لا يمكن للأشجار النمو، لذلك فإن كل الأشجار حتى الصنوبرية لا تنمو في هذه المنطقة التي تتغطى شتاء بطبقة سميكة من الثلوج. وفي فصل الصيف تذوب هذه الثلوج لتكون مستنقعات مائية يصعب صرف مائها؛ لأن الطبقات السفلى للتربة تكون متجمدة بصفة مستديمة. ينمو على هذه المستنقعات بعض النباتات الأولية كالأُشن والطحالب والحزازيات، وبعض النباتات القزمية ذات الزهور الجميلة، وتعيش هناك نباتات التاندرا التي تبتعد عن المنخفضات التي بها، على عكس الصحاري الحارة، التي تبحث فيها النباتات عن الأماكن التي بها مياه مبتعدة عن الأماكن الجافة، ويقطن هذه المنطقة أهالي الإسكيمو.

٢- المنطقة الباردة The Cold Region

الموقع العالمي والمناخ:

تقع جنوب المنطقة شديدة الرودة ويحدها خط عرض ٦٠° شمالا من الغرب، و٥٠° شمالا من الشرق، صيف هذه المنطقة بالرغم من قصره دافئ حيث يصل متوسط درجة الحرارة ١٠°م، أما شتاؤه، فهو طويل وتتراوح درجات حرارته ما بين سالب ١٢°م إلى ٤°م، إذا كان باردًا أو ما بين سالب ١١°م إلى ٦. °م، إذا كان شديد البرودة . تختلف كمية الأمطار كما أن توزيعها في المنطقة غير منتظم حيث تغزر الأمطار في الجهة الغربية (متوسط ١٥٠سم المتوسط- الصيف٥٢٪- الشتاء ٤٨٪) والثلج على مدى فصول السنة، بينما في الجهة الشرقية يكون خفيفا عامة وتسقط الكثرة صيفا (المتوسط السنوي ٢٠٠مم-٨٨٪صيفا-١٢٪شتاء) وتسقط الأمطار شتاء على هيئة ثلوج.

- الغطاء النباتي Natural Vegetation

تنمو بعض أشجار الصنوبر في تلك المناطق حيث ترتفع درجة الحرارة صيفا إلى ما يزيد عن ١٠°م، وتغطى مناطق شاسعة بأنواع مختلفة بين الأشجار مكونة غابات تسمى غابات الأخشاب الرخوة (Soft-Wood Forests).

٣- المنطقة المعتدلة الباردة Cool Temperate Region

- الموقع العالمي والمناخ

تمتد هذه المنطقة في القارات الشمالية ناحية خط الاستواء من المنطقة الباردة حتى خط عرض ٤٠°شمالًا. وتمتد في القارات الجنوبية حتى خط ٤٥°جنوبا، يقل متوسط أعلى درجة حرارة حوالي ١٥،٦°م، ومتوسط أقل درجة حرارة سالب١٥°م، الشتاء جاف، وتسقط الأمطار غالبا صيفا (٨٣٪) بمتوسط سنوي يتراوح بين (٣٧٥-١٤٩٥مم).

- الغطاء النباتي Natural Vegetation

تعوق برودة الشتاء نمو كثير من النباتات، ولكن الشتاء لحسن الحظ قصير، ولذا فإن هناك الكثير من الأنواع النباتية التي.تكون غابات متساقطة الأوراق شتاء مثل غابات (Oak, Poplar)، وتنمو غابات الصنوبر على منحدرات الجبال الباردة، وتحل غابات الصنوبر تماما في بعض جهات أمريكا الشمالية محل غابات الأشجار الأخرى، بينما في بعض المناطق - نيوزيلاندا مثلا- حيث تقل نسبة الأمطار- فلا توجد غابات ولكن تنمو بعض الأعشاب والحشائش مكونة ما يسمى شبه صحراوية – Semi-Desert.

٤- المنطقة المعتدلة الدافئة Warm Temperate Region

- الموقع العالمي والمناخ

تمتد هذه المنطقة حتى خط عرض ٣٠° شمالا من الغرب، ٢٥° من الشرق، وصيف هذه المنطقة دافئ، تتراوح متوسط درجة حرارته ٢٠°م، أما الشتاء فبارد ومتوسط درجة حرارته ٨°م، وتقسم تلك المنطقة إلى :

المنطقة الغربية: (منطقة البحر الأبيض المتوسط).

المنطقة الشرقية: (الصين).

تتميز منطقة البحر الأبيض المتوسط برخات من الأمطار على فترات متفاوتة، تفصلها أوقات مشمسة شتاء. ومتوسط الأمطار٤٨٥مم سنويا، والصيف جاف عامة، أما المنطقة الصينية فإن غالبية الأمطار تسقط صيفا (٦٣٪) والأقلية (٣٧٪) شتاء. ومتوسط المطر السنوي ١٢٠٠مم.

- الغطاء النباتي Natural Vegetation

(أ) منطقة البحر الأبيض المتوسط

تمثل تلك المنطقة من حيث الغطاء النباتي نظاما بيئيًا متوسطا بين الغابات الكثيفة والصحاري القفر.

تتميز نباتات هذه المنطقة بمقاومتها الشديدة لصيف طويل -جاف، وعند سقوط الأمطار الكافية توجد غابات من الشجيرات والأشجار المعمرة.

تنمو الأشجار دائمة الخضرة مثل: (Oak-Cedar-Cork) في الأراضي المنخفضة، أما في المناطق الأكثر برودة ورطوبة فتنمو الأشجار متساقطة الأوراق مثل: (Sweet Chestnut)، هذا وتغطي أشجار الصنوبريات المنحدرات العالية.

توجد في الجهات الجافة النباتات ذات الأشواك، والتي تتميز برائحة جميلة، مثل: (Lavender)، وتتغطى الأرض في الربيع بغطاء جميل من النباتات الحولية والزهرية، ولا يعزز نمو الحشائش (Grasses)، في منطقة البحر الأبيض المتوسط حيث الصيف جاف.

(ب) المنطقة الشرقية الصينية

يؤدي سقوط الأمطار الغزيرة نسبيا صيفا إلى نمو غابات ذات أشجار دائمة الخضرة لها أوراق عريضة، تسمى أشجار الخشب الجافة (Hard-Wood Forest)، مثل أشجار: (Mulberry,Magnolia)، وفي بعض المناطق ينمو الكافور وفي بعض المناطق الأخرى تنمو غابات البامبو (Bamboo Forest).

٥- **المنطقة القارية المعتدلة**
Cool-Warm Temperate Continental Region

- الموقع العالمي والمناخ

ليس لهذه المنطقة موقع ثابت، لكنها تقترب عامة من المناطق الحارة وتنقسم إلى قسمين:

- المنطقة القارية المعتدلة الباردة.
- المنطقة القارية المعتدلة الدافئة.

تكون درجة حرارة المنطقة الدافئة حارة طول فصول السنة بمتوسط سنوي ١٢°م، أما المنطقة الباردة فإن متوسط درجة حراراتها السنوي يكون سالب ١٠°م، تتميز المناطق

الواقعة شمال خط الاستواء بأن صيفها يتغير جنوبا من الصيف الدافئ إلى الصيف الحار، ويتغير الشتاء من الشتاء البارد جدا إلى البارد إلى الدافئ، أما جنوب خط الاستواء فإن الصيف شديد الحرارة والشتاء دافئ عامة.

تتراوح متوسط كمية الأمطار السنوية ما بين(٣٧٥-٥٢٥مم) ويعتمد هذا على البعد والقرب من البحر، وتسقط الأمطار(٧٠٪) صيفا، والباقي شتاء (٣٠٪) على هيئة ثلوج في بعض المناطق.

- الغطاء النباتي **Natural Vegetation**

تتميز المنطقة القارية المعتدلة بنمو الغابات في بعض جهاتها، لكن تشجع الظروف المناخية عامة على غزارة الأعشاب والحشائش كما هو موجود بمناطق الإستبس (Steppe) في آسيا، وإن اختلفت أسماؤها في مختلف المناطق الجغرافية الأخرى، كالبراري (Prairies) في أمريكا الشمالية والبامباس (Pampas) في أمريكا الجنوبية والداونز (Downs) بأستراليا، والفلت (Velt) بجنوب أفريقيا، هذا ويعتمد ارتفاع الأعشاب (Grass) على كمية الأمطار التي تهطل في فصل الصيف (فصل النمو والازدهار).

٦- المنطقة الحارة Hot Region

تمتد تلك المنطقة جنوبا وشمالا من خط الاستواء حتى تصل إلى المنطقة المعتدلة الدافئة عند خط عرض ٣٠°شمالا عند الغرب، وخط عرض ٢٥° شمالاً للحدود الشرقية.

يمكن أن تطلق على هذه المنطقة أرض النخيل؛ حيث تنمو أشجار النخيل (البلح- الزيت- الدوم - وجوز الهند...إلخ) وتحتاج كل هذه الأشجار إلى درجات حرارة عالية طوال السنة التي يصل متوسطها السنوي من ٢٠°م إلى ١٥،٦°م ، الشتاء حار والصيف شديد الحرارة (حوالي٣٠°م).

تقسم المنطقة الحارة في العالم إلى خمس مناطق:

١/٦ منطقة الأراضي الاستوائية المعرضة للرياح الموسمية Tropical Monsoon Lands

- الموقع العالمي والمناخ

توجد تلك المنطقة في الجنوب الشرقي لآسيا، وفي الحافة الشمالية لقارة أستراليا، وكذلك في المرتفعات الإثيوبية (Ethiopia)- وجنوب السودان. وفي الصيف حيث

يكون الضغط الجوي منخفضا والأرض ساخنة - فهما عاملان يعملان على جذب الرياح الموسمية بعيدًا عن الشاطئ- يؤدي ذلك لسقوط أمطار على هيئة سيول (بالمتوسط ١٩٩٠مم سنويا) وتزداد كمية الأمطار كلما كانت هناك جبال مرتفعة تواجه هذه الرياح القادمة من البحر محملة بالأمطار. ومثال ذلك أنه في شهر يونيه ١٩٥٠ كانت كمية الأمطار التي سقطت على بعض أجزاء جبال الهيملايا (غرب إقليم البنجال بالهند) أكثر من ١٣٤٥٠مم. وفي جبال الأسام (Assam) بالهند توجد منطقة تسمى شيرابونجي (Cherrapungi) التي تعتبر أشد المناطق رطوبة بالعالم (Wettest Place on earth) حيث يسقط عليها سنويا ما يقرب من ١٣٥٠٠ مم من الأمطار، وتعمل هذه الأمطار على تلطيف درجة الحرارة ولذا فإن متوسط أعلى درجات الحرارة تكون في بداية الصيف قبل موسم الرياح الموسمية.

أما في الشتاء فإن الرياح التجارية التي تسود المنطقة تفرق تكون الأمطار، هذا وتتروح درجات الحرارة ما بين ٣٠°م إلى ٢٥°م.

- الغطاء النباتي **Natiral Vegetation**

تسود تلك المناطق الغزيرة الأمطار غابات كثيفة بأنواع نباتية كثيرة وكلها دائمة الخضرة،ولكن في بعض الجهات من تلك المنطقة التي تقل فيها كمية الأمطار نسبيا تكون أقل تشبعا بالماء، وهو وسط بيئي مناسب لنمو بعض أنواع الأشجار المتساقطة الأوراق، وتعمل تلك الأوراق المتساقطة على تغطية سطح التربة لتقليل نسبتي النتج والتبخر في فصل الجفاف، ومن أحسن أنواع الأشجار المتساقطة الأوراق- أشجار التيك (Teak) التي تزدهر بالهند وبورما.

٢/٦ المناطق الاستوائية الساحلية Tropical Maritime Regions

- الموقع العالمي والمناخ

تقع المناطق على الحافات الشرقية للقارات ما بين خطي عرض ٥° و٢٥° في نصفي الكرة الشمالي والجنوبي.

تدل كلمة الساحلية على أن للبحر تأثير كبير على مناخ المنطقة. ولذا فليس هناك اختلافات كبيرة بين فصلي الصيف والشتاء. ولا يزيد تذبذب درجة الحرارة سنويا عن

٢٧°، ٢٥°م شتاء) وهذا يوضح أساسا أن البحار والمحيطات تتحكم في جعل درجات الحرارة ثابتة طول العام. تسقط الأمطار في تلك المناطق طوال العام مع غزارتها صيفا، حيث يكون متوسط الأمطار سنويا ٢٠٠مم، حيث تسقط في الفترة ما بين مايو وأكتوبر حوالي ٥١ ٪ من تلك الكمية والباقي في الفترة ما بين نوفمبر وأبريل.

- **الغطاء النباتي Natiral Vegetation**

تؤدي الأمطار الغزيرة طول العام لنمو غابات كثيفة بأنواع عديدة من النباتات، كلها دائمة الخضرة تسود فيها الأشجار الصلبة الأخشاب (Hard-Wood trees).

٣/٦- الصحاري الحارة Hot Deserts

- **الموقع العالمي والمناخ**

تقع الصحاري الحارة في مواجهة المناطق الساحلية الاستوائية للقارة الشمالية، حيث توجد الأولى على الحافات الغربية للقارات، والثانية على الحافات الشرقية. وفي الجدول التالي مقارنة ما بين المنطقتين:

العوامل والصفات	م. الساحلية الاستوائية	م. الصحاري الساخنة
١- الرياح السائدة	رياح تجارية قادمة من البحر حاملة الأمطار.	رياح تجارية خارجية جافة.
٢- تأثير البحار والمحيطات.	كبير.	قليل.
٣- الأمطار	غزيرة طول العام	نادرة.
٤- الغطاء النباتي	غابات كثيفة	مبعثر.

ومن أمثلة الصحاري توجد صحاري أتاكاما (Atacama) وبيروفيان (Peruvian) في جنوب أمريكا، وصحراء كالاهاري (Kalahari) في جنوب أفريقيا، وكذلك المنطقة الصحراوية بين إقليم الميت (Dead Heart) في أستراليا. في شمال أفريقيا توجد الصحاري الكبرى بالقارة الأفريقية والتي تمتد من المحيط الأطلنطي غربا حتى البحر الأحمر شرقا، وكذا تشمل المناطق ما بين المملكة العربية السعودية والعراق حتى تصل إلى

حدود الصحراء المعتدلة في آسيا.

متوسط درجات الحرارة السنوية في تلك المناطق مرتفع ٣١°م حيث يكون الصيف شديد الحرارة وتصل درجة الحرارة إلى اكثر من ٣٨°/ في الظل صيفا (وصلت درجة الحرارة في طرابلس بشمال أفريقيا إلى ٨, ٥٠°م).

أما الشتاء فهو معتدل بمتوسط درجات الحرارة ١٥ °م، أما متوسط الأمطار السنوي فهو خفيف جدا (أقل من ٢٥مم) وتسببها الرياح التجارية، هذا وللندى أثر كبير على نمو النباتات خلال الليالي الباردة، لكنه تسقط في قليل من الأحيان أمطار غزيرة تحول الرمال إلى وديان، والوديان إلى مجاري سيول.

- الغطاء النباتي **Natural Vegetation**

يتميز الغطاء النباتي في الصحاري الحارة بمقاومة أنواعه للجفاف الشديد الطويل أكثر من أي مكان بالعالم، وفي الكثير من الصحاري (الصحراء الغربية بمصر مثلا) توجد مساحات شاسعة معراة تماما من الغطاء النباتي وتوجد في بعضها نباتات شوكية مبعثرة، مثل نباتات الصبار وخلافه، ولكن إذا توافرت المياه- من بين عوامل أخرى- فإن تلك الأراضي الجرداء ستكون شديد الخصوبة وتعطي محاصيل جيدة. هذا وتوجد بذور النباتات بباطن التربة في حالة كمون لسنوات عديدة في انتظار رخات المطر التي تعطيها الحياة، وترى الصحراء بعد الأمطار القليلة مغطاة بغطاء جميل من الزهور البرية، ولكنها تذبل سريعا تحت حرارة الشمس عندما ينتهي فصل الأمطار.

٤/٦ المنطقة المدارية Tropical Continental Lands

- الموقع العالمي والمناخ

تسمى هذه المنطقة أحيانا (المنطقة السودانية)؛ وذلك لأنها مميزة لأقليم السودان في شمال أفريقيا، وهي بعيدة عن تأثير البحار.

تتميز تلك المنطقة بالفصل المطير (الصيف) والفصل الجاف (الشتاء) وليس بفصلي الصيف والشتاء، والحرارة الشديدة لا تكون في شهر يوليو لكن في شهر أبريل، ومتوسطها ٣٣°م، قبل أن تغطي السماء بسحب الأمطار الذي يسقط في الفترة ما بين مايو

ويونيه، ويوليو، وأغسطس بشدة. أبرد الأشهر شهر يناير ومتوسط درجة الحرارة ٢٤°م، ومتوسط تذبذب درجات الحرارة سنويا هو ٩°م.

تسقط كمية الأمطار السنوية غالبا في الصيف (٩٩٪) وأقلها في الشتاء (١٪) أما متوسط الأمطار السنوي فهو ٦٤٥مم.

- الغطاء النباتي Natural Vegetation

يشجع سقوط الأمطار الغزيرة في فصل الصيف الحار على نمو الأعشاب والحشائش الطويلة (Elephant Grass) حيث يصل طولها أكثر من ٣ أمتار، ويتخلل هذه الكثافة من الأعشاب والحشائش بغض النباتات الشجيرية والأشجار، ويمثل هذا النوع: السافانا حيث نباتات الباوبا (Baobab) غليظة السوق.

تجف الحشائش والأعشاب أو يحرقها الناس خلال فصل الشتاء (الجفاف)؛ لإخلاء الأرض لزراعتها في العام التالي المطير، أما الأشجار فإنها تسقط أوراقها لتقليل كمية الماء الناتج.

٥/٦ أراضي خط الاستواء Equatoural Lands

- الموقع العالمي والمناخ

تشمل المنطقة المحيطة بخط الاستواء من خط عرض ٥° شمالا حتى خط عرض ٥° جنوبا. يسود هذه المنطقة طقس حار طول العام حيث تذبذب درجة الحرارة يكون بسيطا جدا للغاية (١٦° م، متوسط درجة الحرارة في شهر يوليو ٢٧°م، وفي شهر يناير ٢٧°م) يتحكم في تلك المنطقة طول العام نوع من الرياح يسمى (Buldrume Low Pressure) فنرى أنه بعد صباح جميل تتغير السماء بسحاب كثير، وفي الظهيرة تسقط أمطار غزيرة، وهكذا يكون الجو غير مستقر طوال العام، وتسقط الأمطار في أي وقت من السنة بدون تفرقة بين الفصول المختلفة.

- الغطاء النباتي Natural Vegetation

إذا نظرنا إلى صورة جوية للمناطق المحيطة بخط الاستواء نرى محيطا شاسعا من الغطاء النباتي يتميز بوجود عدد من الطبقات النباتية وهي:

١- طبقة الأشجار العملاقة التي يصل طولها أكثر من ٥٠ متر.

٢- طبة الأشجار العالية التي يقل طولها في تلك المنطقة عن ٥٠ متر.

٣- طبقة الشجيرات.

٤- طقبة الأعشاب والحشائش.

٥- الطبقة الأرضية حيث الحزازيات والنباتات الزاحفة وبقايا النباتات المتعفنة والفطريات والطحالب.

وكثير من أنواع النباتات التي تعيش في الظل ومن الأشجار التي تنمو بتلك المناطق -أشجار الماهوجني (Mahogany) والأبنوس (Ebony) والورد (Rose Wood) وأشجار الأخشار الصلبة (Hard-Wood)، وكثير من النباتات المتطفلة (Parasite) مثل الأراشد (Orchids). تصلح بقايا النباتات المتعفنة مجالا لنمو كثير من النباتات (نباتات الترمم Saprophytes).

* * *

الفصل الثالث

النظام البيئي
The Ecosystem

مقدمة:

الإيكولوجي «علم البيئة» وكما سبق ذكره: هو علم العلاقات المتبادلة بين الكائنات الحية والوسط البيئي الذي تعيش فيه، أي: مجموعة المواد « الماء – الغذاء .. إلخ»، ومجموعة الظروف « درجة الحرارة – شدة الضوء ... إلخ»، ومجموعة القوى « الرياح – تيارات المياه – الجاذبية الأرضية –..إلخ» التي تعمل في الوسط أو الحيز المكاني.

وقد تتناول الدراسة الإيكولوجية فردا واحدا من الكائنات الحية « نبات – حيوان – إنسان – كائن دقيق» (Individual) وتستقصي علاقة هذا الفرد بما يحوطه ويؤثر فيه ويتأثر به، ويطلق على هذه الدراسة: الدراسة البيئية الذاتية (Autecology)، وقد تتناول الدراسة جماعة (Society) من أفراد النوع الواحد، مثل نوع نباتي واحد، وهنا تشمل الدراسة علاقة الأفراد بعضها ببعض وعلاقتها بعوامل الوسط البيئي. وقد تتناول الدراسة عشيرة (Community) من أفراد من أنواع متعددة، مثل أرض مرعى طبيعي يشمل كساؤه النباتي أنواعا متعددة من الأعشاب أو جزء من غابة طبيعية تنمو في حيزها أنواع مختلفة من الأشجار والشجيرات والأشجار والمتسلقات والأعشاب، وتكون الدراسة هنا أكثر تعقيدًا؛ لأنها تشمل دراسة الآثار المتبادلة بين الأنواع والعلاقات فيما بينها وبين الوسط البيئي. وقد تتقدم الدراسة خطوة أخرى لتتناول مجموعة الكائنات الحية من نبات وحيوان وفي هذا اقتراب من الأحوال الفطرية والعلاقات الطبيعية، وتوسع آفاق الدراسة لتقصي علاقات النبات بالنبات وعلاقة النبات بالحيوان، وتظهر هنا قضايا التنافس والتعاضد والافتراس، كذلك يظهر اعتماد النبات على الحيوان في انتشار البذور ونقل حبوب اللقاح، واعتماد الحيوان على النبات كمصدر للغذاء وموقع لبناء الأعشاش، وغير ذلك.

وتكتمل خطى التقدم بأن تتناول الدراسة النظام البيئي (The Ecosystem)، الذي يجمع بين الكائنات الحية جميعا وبين المكونات غير الحية في الحيز المكاني، أي: التربة والهواء

والماء وما تحتويه من مواد وقوى وحالات. ودراسة النظام البيئي هي القمة التي تقود إلى دراسة الإيكولوجي، وهذا يعني أنه يصعب أن يقول شخص واحد يعمل في مجال الإيكولوجي: إنه يستطيع أن يدرس النظام البيئي للصحراء، فلابد من أنه سيقوم بدراسة كل الكائنات الحية (نبات- حيوان- إنسان - كائنات دقيقة)، وهذا يطلق عليه: «المكونات الحية للنظام البيئي» (Living Components)، وعلاقتها بالعوامل البيئية الأخرى (المناخ- التربة- المياه.. إلخ)، وهذه يطلق عليها: المكونات غير الحية للنظام البيئي (Non-Living Components)، ومن ثم فإن دراسة أي نظام بيئي يلزمه أن يتعاون في دراسته أكثر من متخصص إيكولوجي؛ لتغطية كل جوانب هذا النظام، وهنا تعريف مثالي للنظام البيئي(أو المنظومة البيئية) كما يلي:

يقصد بالنظام (System) مجموعة من الكائنات الحية والمكونات غير الحية توجد في حيز مكاني، ويكون لكل منها سماته المميزة لذاته، ويكون فيما بينها مجموعة من التفاعلات تنظمها جميعا في أداء متكامل.

- النظام البيئي **(The Ecosystem)**

هو مصطلح شمولي يضم جميع الكائنات الحية الموجودة في حيز معين (من التربة أو الماء أو الهواء)، والبيئة الطبيعية التي تعيش فيها، وجميع العلاقات المتبادلة بينها وبين بيئتها، وتعتمد المبادئ التي تبنى عليها دراسة النظم البيئية على فكرة محددة، هي: أن جميع عناصر أي وسط بيئي تقوم فيه الحياة أيا كان حجمه سواء كان وسطا طبيعيا (Natural Environment) أو من صنع الإنسان (Arteficial Environment)- تمثل في جزء من شبكة متكاملة، يتفاعل فيها كل عنصر مع بقية العناصر؛ إما بصورة مباشرة أو غير مباشرة، بحيث يؤدي دورًا في وظيفة النظام البيئي ككل، وليس النظام البيئي نظاما مغلقا؛ لأنه تتدفق فيه من خارجه طاقة في صورة إشعاع شمسي ومادة في صورة سائلة أو في صورة غازات يتم تبادلها مع الكائنات الحية أو في صورة أتربة... إلخ، وفي نفس الوقت تفقد منه طاقة في صورة حرارية ومادة تخرج مع مياه الصرف.

مثال للتوضيح : مساحة من غابة:

- النظام البيئي للغابة **(Forest Ecosystem)**

الغابة هي حيز في منطقة يسمح فيها المناخ (المطر - ودرجة الحرارة ... إلخ) بنمو الأشجار، وفي هذا الحيز توجد عدة أنواع من النباتات بعضها أشجار وبعضها شجيرات

وأعشاب ومتسلقات، وبعضها نباتات صغيرة من الحزازيات والأُشن والطحالب- تغطي سطح الأرض، وكل نوع من هذه الكائنات له صفات مميزة تجعل له مكانا في تصنيف المملكة النباتية، وتوجد في ذات الحيز عدة أنواع من الحيوانات، بعضها ضخم كالبقر والجاموس البري والفيل، وبعضها صغير كالأرانب والفئران والجرابيع، وبعضها رقيق كالحشرات والفراشات والديدان، وبعضها بالغ الدقة لا تراه العين المجردة مثل الحيوانات الأولية. وبعض هذه الحيوانات يدب على أرض الغابة وبعضها يتسلق الأشجار ويعيش بين فروعها، وبعضها متنقل مثل الطيور والفراشات، وبعضها ذو حلل ثابتة كخلايا النحل وأخرى آكلة للحوم (الأسود والنمور والثعالب..إلخ) وذلك بالإضافة إلى الإنسان الكائن الحي الراقي الذي يعيش أيضا في هذا النظام البيئي (الغابة).

وتوجد في ذات الحيز من الغابة مكونات حية، هي التربة التي يعيش فيها كثير من الكائنات الدقيقة: (الفطريات والبكتريا والطحالب والديدان..إلخ)، والهواء وما به من مكونات غازية: (أكسجين، ثاني أكسيد الكربون والنيتروجين وبخار الماء.. إلخ)، بالإضافة إلى طاقة الشمس والرياح.

وهذا التعدد البالغ من الكائنات والمكونات ليس فوضى كأنها عناصر غير مترابطة، إنما هو نظام محكم خلقه الله سبحانه وتعالى، في تكامل وتعاون، وأن ما نذكره في هذا النظام البيئي هو تقسيم العمل فيما بين الكائنات الحية التي تنتظم في ثلاثة مجموعات رئيسية:

١) مجموعة الإنتاج الأولي.

٢) مجموعة الاستهلاك.

٣) مجموعة الترمم (التحلل).

١- مجموعة الإنتاج الأولي (كائنات منتجة Producers).

هذه الكائنات هي النباتات الخضراء جميعا، الكبير منها والصغير، فالنبات الأخضر هو الكائن الحي الوحيد القادر على تخليص المادة العضوية من مركبات كيميائية بسيطة في عملية التمثيل الضوئي (Photosynthesis)، وبهذا تستطيع هذه النباتات أن تختزن طاقة شمسية في صورة طاقة كيميائية، وذلك عن طريق بناء مركبات عضوية من ثاني أكسيد

الكربون والماء، وصدق الله العظيم إذ يقول: ﴿ٱلَّذِى جَعَلَ لَكُم مِّنَ ٱلشَّجَرِ ٱلْأَخْضَرِ نَارًا﴾ أي طاقة، ﴿فَإِذَآ أَنتُم مِّنْهُ تُوقِدُونَ ﴿٨٠﴾﴾ [يس].

٢- مجموعات الاستهلاك (كائنات مستهلكة Consumers).

هذه هي الكائنات الحية التي لا تحتوي على مادة الكلورفيل الخضراء (اليخضور)، كالفطريات والبكتريا وأنواع النباتات الزهرية المتطفلة والحامول وغيرها، وهذه الكائنات شاملة الإنسان تحتاج إلى غذاء من المواد العضوية الحاملة لطاقة أي نتاج ما بنته كائنات الإنتاج الأولى من الكتلة الحية، ومن الواضح أن هذه الكائنات المستهلكة طوائف متباينة في نهج تغذيتها.

١/٢ الطائفة الأولى:

هي آكلات العشب (Herbivores) أي التي تتغذى على النبات الأخضر مثل: الأبقار والأغنام والدواجن والجمال والخيل والحمير والغزلان والقوارض، وأنواع كثيرة من الطيور، وأنواع من الحيوانات المائية، مثل: الأسماك آكلة النباتات والحيتان، وهذه الحيوانات جميعا تحول الأنسجة النباتية إلى مواد وأنسجة حيوانية ذات أهمية خاصة في غذاء المجموعات التالية (ومنها الإنسان)، لذلك تشير مجموعة آكلات العشب إلى أنها مجموعة استهلاك وإنتاج ثانوي.

٢/٢ الطائفة الثانية:

هي آكلات اللحوم (Carnivores)، أي التي تتغذي على حيوانات من آكلات العشب، ومنها سائر الحيوانات المفترسة؛ كالأسود والنمور والذئاب، وكذلك الطيور الجارحة؛ كالصقور والنسور وآكلات السمك وآكلات الحشرات والنمل وغيرها، وهذه الحيوانات تتغذى على أنسجة حيوان سبق وتغذى على نبات هضم مادته وحولها إلى مواد حيوانية.

٣/٢ الطائفة الثالثة:

ومنها الإنسان يطعم على النبات والحيوان وسائر ما ينتج، أي: أنها مجموعة تتغذى على تنوع متعدد من المواد العضوية حاملة الطاقة، وهذه يطلق عليها متعددة التغذية (Omnivores).

٤/٢ الطائفة الرابعة:

وهي الكائنات الدقيقة التي تحصل على طاقتها من جسد الكائن الحي (العائل) سواء أكان حيوانا أو نباتا أو إنسانًا، وهي قد تعيش داخل العائل كالديدان الطفيلية التي تعيش في أمعاء الإنسان، والفطريات التي تعيش داخل أنسجة النبات، أو قد تعايش العائل، كما يكون البعوض في البيت، ويتغذى بما يمتصه من دم السكان، هذه الكائنات تحصل على غذائها من مواد عضوية حاملة للطاقة.

٣- مجموعات الترمم (كائنات محللة) Decomposers

تعيش غالبا في التربة ممثلة في أنواع البكتريا والفطريات وتستطيع تحليل البقايا والمخلفات النباتية والحيوانية إلى ثاني أكسيد الكربون والماء، بالإضافة إلى مواد معدنية، وبذلك تتم دورة المواد الغذائية في النظام البيئي.

دورة المادة الغذائية والطاقة في النظام البيئي
Food and Energy Cycles in The Ecosystem

تسمى المادة العضوية- المنتجة سنويا في أي نظام بيئي عن طريق البناء الضوئي- باسم: المنتج الكلي (Gross Produciton)، وما يتبقى منه بعد طرح المستهلك في عملية تنفس النبات باسم: المنتج الصافي أو الابتدائي (Net of Primary Production)، أما المادة العضوية التي تنتجها الكائنات الحيوانية فتسمى: المنتج الثانوي (Secondary Production)، وهي أقل كثيرا من المنتج الابتدائي. ولا تأكل الكائنات المستهلكة سوى نسبة ضئيلة من المنتج الابتدائي، بينما يصل الجانب الأكبر منه إلى التربة، ويتحلل تحللا تاما بواسطة الكائنات الدقيقة المحللة (Decomposers)، وينتج عن تحلله ثاني أكسيد الكربون وأملاح معينة، ويطلق على عملية فقد ثاني أكسيد الكربون من التربة اسم تنفس التربة (Soil Respiration)، وهي جزء من الدورة القصيرة التي تلعب الدور الكمي الرئيسي في الدورة الغذائية، وبالإضافة إلى هذه الدورة القصيرة- هناك دورة طويلة تشمل كائنات مستهلكة بعضها من آكلات العشب (Herbivores) والبعض من آكلات الحيوان (Carnivores) والبعض من آكلات النبات والحيوان (Omnivores)، وتلعب الدورة الطويلة- رغم قلة أهميتها من الناحية الكمية- دورا كبيرة جدا في تنظيم التوازن داخل النظام البيئي في جملته، وعلى هذا الأساس يمكن اعتبار الكائنات المستهلكة

ذات وظائف تنظيمية؛ وذلك أنه عندما يتكاثر نوع ما من النباتات تكاثرا يفوق المعدل المعتاد يزداد أيضا عدد الكائنات الحيوانية التي تتغذى عليه فيؤدي ذلك بدوره إلى إنقاص عدد أفراده.

ويحدث دوران المواد في النظام البيئي جنبا إلى جنب مع تدفق الطاقة فيه؛ ذلك أن عملية البناء الضوئي -التي تقوم بها النباتات الخضراء- تؤدي إلى تحويل الطاقة الشمسية إلى كيميائية تستعملها الكائنات المستهلكة والمحللة، وتفقد الطاقة الكيميائية باستمرار في صورة حرارة أثناء عمليات التنفس والتخمر التي تقوم بها الكائنات الدقيقة، وهي عمليات تبادلية تماما.

مما سبق يتضح لنا أن النظام البيئي يجمع بين السمات العامة التالية:

١- حيز مكاني.

٢- مجموعة من المكونات الفاعلة (نبات وحيوان وإنسان) في الحيز.

٣- مجموعة من المكونات المتفاعلة (مكونات الأرض والهواء معا) في الحيز.

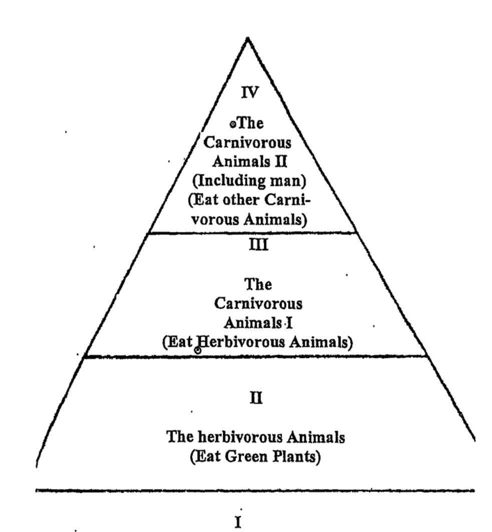
٤- لكل من هذه المكونات في المجموعتين صفات مميزة.

٥- يربط بين هذه المكونات عمليات مجملها دورة المواد وسريان الطاقة.

مستويات التغذية في النظام البيئي
Trophic Levels in The Ecosystem

تشكل الكائنات ذاتية التغذية (Autotrophic) والمختلطة (Hetero trophic) ما يسمى بمستوى التغذية المتفاوتة داخل النظام البيئي؛ أدناها المستوى المنتج الذي تشكله الكائنات ذاتية التغذية (تشغل قاعدة الهرم البيولوجي)، يليه مستوى المستهلك الابتدائي (Primary Consumer) الذي تمثله الكائنات التي تتغذى مباشرة على الكائنات المنتجة، ثم مستوى المستهلك الثانوي (Secondary Consumer) ممثلا في الكائنات التي تتغذى على كائنات مستوى المستهلك الابتدائي، وهكذا يؤلف تحرك المادة الغذائية والطاقة من المستوى المنتج عبر المستويات المستهلكة المتعاقبة ما يسمى بالسلسلة الغذائية (Food Chain)، ومن الأمثلة النموذجية للسلاسل الغذائية في أراضي الحشائش سلسلة تبدأ بالحشائش على المستوى المنتج، تعقبها الفئران على المستوى المستهلك الابتدائي، ثم الحيات (الثعابين) على المستوى المستهلك الثانوي، فالصقور Hawks على المستوى

المستهلك الثالث. وفي الواقع تتداخل وتتشابك عادة السلاسل الغذائية الكثيرة الموجودة في كل نظام بيئي، مكونة ما يطلق عليه في عرف علماء البيئة اسم العنكب الغذائي (Food Web)، وتتمثل الحلقة الأخيرة في جميع السلاسل الغذائية في الكائنات المحللة (Decomposers).



The Biotic Pyranid الهرم الإحيائي

يُفقد قدر كبير من الطاقة أثناء تحركها وانتقالها من مرحلة إلى أخرى داخل النظام البيئي عند كل مستوى غذائي في السلسلة، فمثلا لاينقل إلى جسم الفأر من الحشائش التي تأكلها سوى ١٠٪ من الطاقة المختزنة في تلك النباتات، بينما تظل الـ ٩٠٪ الباقية مختزنة في مركبات نجيلية لا يستطيع الفأر تحطيمها لاستخلاص الطاقة منها، أو تفقد في صورة طاقة حرارية تنبعث أثناء عمليات التحول الغذائي التي يقوم بها الفأر في حياته، وتفقد مثل هذه المقادير من الطاقة أيضا في جميع مستويات التحول الغذائي التالية للمستوى الأول. ومن نتائج هذا التناقص في الطاقة أن السلاسل الغذائية قلما تمتد لأكثر من خمس مستويات فيما بين مستويي الكائنات المنتجة والمحللة نظرًا لأن الطاقة المتاحة المتبقية في المستويات الأعلى من ذلك تكون من الضآلة حيث لا تفي باحتياجات مزيد من الكائنات المستهلكة.

يسبب تدفق الطاقة وسريانها في النظام البيئي تحرك المواد الغذائية، وتتمثل الموارد الغذائية في العناصر والمراكبات الكيميائية التي تحتاج إليها الكائنات الحية، وتختلف المواد الغذائية عن الطاقة في كونها تدور في أرجاء النظام البيئي متنقلة بين مكوناته الإحيائية وغير الإحيائية، وهي تنقل في دورات يطلق غليها: الدورات البيوجيوكيميائية (Biogeochemical Cycles)، وأهمها دورات الماء والكربون والأكسجين والنيتروجين والفوسفور والكبريت والكالسيوم، وتلعب الكائنات الدقيقة المحللة (Decomposers) الدور الأكبر في الكثير من هذه الدورات بإعادتها المواد الغذائية على التربة، حيث يمكن أن تستفيد منها الكائنات الحية التي تعمر التربة مرة أخرى.

التوازن في النظم البيئية الطبيعية الفطرية

The Balance in The Natural Ecosytems

تبدو بعض النظم البيئية الطبيعية بالغة التعقيد على نحو ما يكون في واحدة من غابات المناطق الاستوائية المطيرة؛ ذلك أن مجموعة المكونات الحية تشمل أعدادا كبيرة من الأنواع (التنوع البيولوجي الثري)، ولكل واحد من هذه الأنواع العديدة دور يؤديه في شبكة علاقات الغذاء أو في عملية تحليل الركام العضوي، وتبدو بعض النظم البيئية الأخرى بسيطة على نحو ما يكون في الصحاري وتخومها الجافة؛ ذلك لأن مجموعة المكونات الحية تشمل أعدادا محدودة من الأنواع (التنوع البيولوجي المحدود)، هنا قد تكون النباتات

الخضراء (المنتجون الأول) جماعة من أفراد من نوع واحد أوعدد قليل من الأنواع، ثم نلاحظ أن الفيزيقية أكثر كفاءة في تناول الركام العضوي بالأكسدة، خاصة في ظروف الجفاف والحرارة، ولا يبقى إلا القليل من المادة العضوية التي تدخل في بناء التربة.

ولكل النظم البيئية الطبيعية بالعالم في المياه العذبة والمالحة في البحيرات والبحار والمحيطات وما يتصل بها في البيئات الرطبة، وكذلك في الغابات والصحاري والبراري والتندرا- الصفات الرئيسة الخامس التي سبق الإشارة إليها، نضيف إليها سمة سادسة للنظم الطبيعية جميعًا، هي أنها تتصل بالتوازن بين المكونات والقدرة على استعادة التوازن إذا أصاب النظام البيئي أي خلل، ولنضرب مثلا أنه لو زادت أعداد الحيوانات آكلة العشب عن قدرة النمو النباتي بما يأذن له بالتعويض واستعادة العافية، ومن ناحية أخرى لو زاد نمو النباتات على قدرة التربة على تهيئة حاجات هذا النمو من الماء والغذاء المعدني- فإن موارد التربة تستنزف، أي تقل خصوبتها، الأمر الذي يؤثر على حياة النباتات فيضعفها ويقلل من أعدادها بما يكون بينها من تنافس على الموارد المحدودة، ولا يزال هذا التفاعل مستمرًا حتى يصل النظام إلى حالة التوازن بين النمو النباتي والموارد الأرضية، وقد يتعرض النظام البيئي الطبيعي لعامل طارئ بسبب اختلال التوازن كأن يتعرض لنوبة جفاف أو فيضان أو ريح عاصفة تدمر بعضا من مكوناته أو حريق أو غارة جراد، إلى غير ذلك من الكوارث البيئية الطارئة التي تدمر بعض مكونات النظام، ولكن نرى أن هذا النظام البيئي قد استعاد في مدى سنوات إطاره الطبيعي وتوازنه البيئي إذا لم يتدخل الإنسان.

أنوع المنظومات (النظم) البيئية Types of Ecosystem

يوجد على الكرة الأرضية نوعان رئيسيان من النظم البيئية:

١) نظم بيئية صناعية، وهذه هي التي يتدخل الإنسان في إنشائها والتأثير على مكوناتها مثل:

١- الزراعات الحقلية (المحاصيل).

٢- بساتين الفاكهة.

٣- مزارع الأسماك.

٤- القرى (الساحلية وغير الساحلية).

٥- المدن (الساحلية وغير الساحلية).

٢) نظم بيئية طبيعية، وهذه هي التي نشأت بفعل العوامل البيئية الطبيعية دون أي تدخل من الإنسان مثل:

١- الغابات.

٢- البحار والمحيطات.

٣- الأنهار.

٤- مصبات الأنهار.

٥- سواحل البحار.

٦- البحيرات العذبة.

٧- البحيرات المالحة.

٨- المستنقعات.

٩- الصحاري.

١٠-التاندرا.

١١- أراضي الحشائش والمراعي.

١٢- الجبال.

وكل من هذه النظم البيئية له مكوناته وإنتاجيته ومسار طاقته وسنوضح فيما يلي مثالين من هذه النظم أحدهما صناعي «القرية»، والثاني طبيعي «الغابات».

أولاً: القرية كنظام بيئي The Village as An Ecosystem

القرية جزء من نظام بيئي ريفي يضم القرية والأراضي الزراعية المتصلة بها «زمام القرية»، ويتضمن عناصر يمثل كل منها نظاما فرعيا (Sub-System) كما يلي:

(أ) جماعة الناس ومؤسساتهم الاجتماعية.

(ب) الأرض والمياه والهواء «الموارد الطبيعية».

(ج) قنوات الاتصال بما هو خارج القرية.

العامل الرئيسي الذي يحرك عملية العلاقات بين مكونات النظام البيئي في القرية هو الإنسان، وينظم عمله وجهده- المؤسسات التي تضبط العلاقات الداخلية في جماعة الناس، والزراعة بمفهومها الواسع هي الوظيفة الإنتاجية الرئيسة لهذا النظام، وقنوات الاتصال بما هو خارج القرية تجلب الاحتياجات وتعمل على تسويق المنتجات.

عملية الإنتاج الزراعي قريبة الشبه بعملية الإنتاج الأولي في النظام البيئي الفطري، وتحمل الملامح المتصلة بالبناء الضوئي، الذي تنهض به نباتات المحاصيل الخضراء، ولكن مصادر الطاقة الداخلة إلى الحقل« حقل الإنتاج» تتضمن ضوء الشمس والجهد العضلي للإنسان، والطاقة المحركة لما يستخدمه من آلات الري والحرث والحصاد وغيرها، والطاقة الكيميائية الداخلية في صناعة الكيماويات «الأسمدة - المبيدات».

تحمل عملية الاستهلاك بعضا من ملامح الاستهلاك في النظام البيئي الفطري، ولكنها تدار هنا في إطار المؤسسات الاجتماعية التي تنظم العلاقات في داخل المجتمع، وجماعة الناس هي المستهلك سواء على نحو مباشر (استهلاك محاصيل الغذاء والخضر والفاكهة) أو غير مباشر (استهلاك محاصيل الأعلاف لإنتاج اللحوم والبيض واللبن) أو محاصيل الألياف والزيوت.

لكل واحد من النظم الفرعية (Sub-Systems) الثلاثة للقرية بناء يتميز إلى أنماط متعددة تتغير مع التغير الاجتماعي، النظام الفرعي الأول «جماعة الناس» يتألف من أفراد السكان، وهنا تبرز قضايا تعداد وكثافة السكان وتعليمهم والقواعد الاجتماعية التي تتحكم فيهم، وتتميز جماعة الناس في الريف الأمريكي والكندي والأوروبي والأسترالي والمصري واليمني والسعودي ..إلخ بهذه الأمور.

أما النظام الفرعي الثاني «الأرض والمياه» فهو نظام بيئي طرأ عليه تغيير جوهري في عناصره، حيث تأثرت عوامل الإنتاج الرئيسة المتصلة بنمو النبات بعوامل من فعل الإنسان المباشر وغير المباشر، باستخدام طرق الري المختلفة، وإضافة الأسمدة والمبيدات الحشرية وخلافه إلى الحقل، ويؤدي كل ذلك إلى تغييرات كبيرة في هذا النظام الفرعي.

أما النظام الفرعي الثالث (قنوات الاتصال بما هو خارج القرية) فمن خلاله يتم جمع مؤسسات التمويل والتسويق والتخزين من خارج القرية، ويكون العائد لمصلحة «جماعة الناس»، ولكل هذه المؤسسات دور رئيسي في تسيير حركة الصادرات والواردات من وإلى القرية.

ثانيًا: الغابة كنظام بيئي The Forest as An Ecosystem

الأصل الفطري لكل غابة أنها نظام بيئي متكامل العناصر، واستغلال الإنسان لهذا النظام استغلال تخيري، أي أن الإنسان يختار نوعا أو أنواعا من الشجر يقطعه ليفيد من خشبه في الأغراض المختلفة (الوقود – الفحم – أخشاب الأساس والبناء وخام الورق وغيرها من الصناعات). نلاحظ هنا أن الإنسان يأخذ عناصر من مكونات الإنتاج الأولي، وهذا التقطيع تدخل إنساني طارئ على النظام الفطري للغابة، أي عامل اضطراب، إذا كان الاضطرار محدودا في حدود قدرة جماعات أنواع الأشجار على التكاثر والنمو والتعويض «طاقة الحمل»– لا يظهر على الغابة في شكلها العام والسلوك البيئي لعناصرها تبدل ملحوظ، وهذا ما يسمى بالاستغلال الراشد، أما إذا زاد ما يقطعه الإنسان من أشجار على حدود طاقة الحمل للغابة– أي عندما يصبح التقطيع والاستغلال جائرا يحدث التدهور في النظام البيئي، فإذا بلغ التدهور مداه تعرضت التربة للانجراف، وتحولت الغابة إلى كساء نباتي متدهور لا يحمي التربة ولا يفي بالحاجات البيئية لعناصر النظام التي تعتمد على جماعة الإنتاج الأولي.

تعتبر الغابة– مع البحار والمحيطات– أعظم نظم بيئية منتجة للكرة الأرضية، ففي غابة واحدة نرى أنواعا وأنماطا متنوعة من العطاء النباتي والتي تمثل أطوارا مختلفة من تعاقب النبات بالإضافة إلى أنواع عديدة من التربة بصفاتها الفيزيقية والكيميائية، وبالرغم من أن الماء يمثل عاملا أساسيا لحياة الأشجار والنباتات الأخرى في الغابة– إلا أن هناك غابات تشكل أماكن تقع تحت أنواع مناخية تتفاوت بين المناخ الجاف والرطب، وبالطبع فإن هذه المناخات تترك انطباعاتها وتأثيراتها على نوعية الكساء الخضري، ومن ثم باقي أنواع الحياة بتلك الغابات، فالغابات الشمالية التي تمثل الحزام الواقع جنوب مناطق التندرا الباردة– توصف بأشجارها الصنوبرية دائمة الخضرة وقلة الأنواع النباتية، وربما تكون هناك بعض الأماكن من هذه الغابات يسودها نوع واحد أو نوعان فقط من

الأشجار، وفي المناطق المعتدلة الجنوبية توجد الغابات متساقطة الأوراق التي تتصنف بالتنوع النباتي، من كثرة الأنواع النباتية السائدة، والنوع الثالث من الغابات يتمثل في الغابات المدارية، وهذه تتفاوت نباتاتها ما بين الأشجار دائمة الخضرة عريضة الأوراق بالمناطق غزيرة الأمطار- إلى الغابات التي تتساقط أوراق أشجارها خلال فصول السنة الجافة.

وهناك غابات أخرى تميز سواحل البحار والمحيطات في المناطق المدارية الحارة وهي غابات المانجروف «الشورة»، وبالطبع فهذا النوع من الغابات يعتبر نطاقا بيئيا فريدا، يختلف عن باقي النظم البيئية للغابات.

* * *

القسم الثاني

أساسيات علم البيئة النباتية التطبيقية

PRINCIPLES OF APPLIED PLANT ECOLOGY

الفصل الأول

علاقة النبات بالماء والجفاف
Plant - Water - Drought Relationship

نبذة عامة:

ترتبط كلمة الجفاف(Drought) بالمناخ قليل الأمطار مرتفع درجة الحرارة، ويعرف بأنه فترة زمنية طويلة لا تسقط فيها الأمطار، وتكون هذه الفترة كافية لتسبب عدم اتزان مائي خطير في النباتات التي تعيش في تلك المنطقة التي يسودها الجفاف، ويقع الضرر على هذه النباتات؛ كونها قد تأقلمت على متوسطات مناخية معينة، فإذا حدث وتغيرت هذه المتوسطات زيادة أو نقصانا، وخاصة عامل الهطول (الأمطار)- فإن ذلك يؤثر تأثيرا سيئا على نشاط هذه النباتات. هكذا نرى أن الجفاف يرتبط ارتباطا وثيقا بالماء فهو أصل الحياة وبدونه لا تكون هناك حياة نباتية وغير نباتية: ﴿وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ﴾ [الأنبياء: ٣٠]. ولكي تتم دورة حياة النباتات وتكوّن وتطور الكساء الخضري في أي مكان بالعالم، لابد أن تحتوي التربة على كمية من الماء كافية تغطي حاجة النباتات.

ولكن لماذا يكون الماء هو العامل الأعظم المؤثر على النبات؟

تقول الإجابة عن هذا السؤال: إن الماء هو المكون الرئيس للمادة الحية بالخلية النباتية (البروتوبلازم)، وهو المذيب الأساسي للغازات والمواد الغذائية (المعادن)، التي يمتصها النبات من التربة والتي تنتقل من الجذور إلى أجزاء النباتات الهوائية خلال المحلول المائي، وتتم كل العمليات الحيوية في وسط مائي، وبالإضافة إلى ذلك فإن الماء هو أحد المواد الخام الرئيسة (مع الضوء والكلوروفيل وثاني أكسيد الكربون) في عملية التمثيل(أو البناء) الضوئي؛ إذ لا يمكن أن يكون هناك نمو للنبات بدون ماء، كما أن مقاومة النباتات للعوامل الجوية غير العادية، مثل ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة إلخ- تتأثر كثيرا بوجود الماء داخل خلايا النبات، وليس ذلك فحسب، بل إن للماء بلا شك التأثير الأكبر على توزيع وكثافة حجم النباتات والغطاء النباتي على الكرة الأرضية.

وجدير بالذكر أن العوامل المناخية الأخرى: (درجات الحرارة، شدة الريح، الضوء، الرطوبة النسبية، التبخر)- تؤثر جميعها على النبات من خلال تأثيرها على علاقته بالماء. وعلى هذا الأساس فإن الغابات توجد في المناطق التي تسقط فيها الأمطار خلال فصول السنة الأربع، وتوجد أرض الحشائش في المناطق التي تسقط فيها الأمطار صيفا. وتسود الشجيرات القصيرة ذات الأوراق السميكة في المناطق الممطرة شتاء والجافة صيفا، أما المناطق الصحراوية فتتصف بندرة الأمطار صيفا وشتاء.

أنوع الغطاء النباتي في البيئات المختلفة:

يعبر عن علاقة النبات بالماء بعمليتين فسيولوجيتين أساسيتين هما: الامتصاص (Absorption) والنتح (Transpiration). تعتمد عملية الامتصاص على كميات الماء المتاحة بالتربة (Availanbel Soil Water)، أما عملية النتح فإنها تعمد على عوامل المناخ (Climatic Factors)، وبالرغم من أن عملية النتح تعمل على تبريد درجة حرارة النبات -إلا أن لها أضرارا بالغة إذا زادت كميات الماء التي تفقد بواسطة النتح عن كميات الماء الممتصة من التربة، ولهذا فإن النمو الطبيعي والنشاط الحيوي لأي نبات بحاجة إلى اتزان مائي، فلا يجب أن يكون الماء الذي يفقد بعملية النتح أكبر من كميات الماء الممتصة من التربة.

يوجد النبات في كل البيئات وفي جميع أنحاء العالم، وقلما يخلو جزء من الأرض دون أن يكون به غطاء نباتي ما، فهناك النباتات التي تنمو فوق الصخور الملساء، حيث الموارد المائية شبه المعدومة، وهناك أنواع نباتية أخرى تنمو في المياه العذبة والمالحة، وأنواع ثالثة تنمو على قمم الجبال وعلى سفوحها، وكذلك تعيش بعض النباتات في المياه الباردة أو الساخنة وعلى ضفاف الأنهار وبالصحاري الجافة..إلخ. ولكن تختلف النباتات اختلافا كبيرا- ومن ثم الغطاء النباتي- تبعًا لاختلاف العوامل البيئية السائدة في هذه المنطقة أو تلك. ومن ناحية أخرى يتشابه الغطاء النباتي تحت العوامل البيئية المتشابهة، ويعود هذا طبعا للعلاقات المائية لتلك النباتات، ففي الأماكن التي يندر فيها الماء، وتعمل فيها العوامل البيئية الأخرى على فقدان الماء من الأجزاء الهوائية للنباتات، والتي يطلق عليها البيئة الجافة (Xeric Habitat)- تعيش النباتات الجفافية (Xerophytes)، ويكون الغطاء النباتي جفافيا (Xerophytic Vegetation)، أما النباتات التي تعيش في بيئة مائية

(الأنهار- البرك-البحيرات .. إلخ) (Hydric Vegetation) فيطلق عليها النباتات المائية (Hydrophytes)، ويكون الغطاء النباتي مائيا (Xerophytic Vegetation).

وإذا احتوت التربة على كميات مائية ليست بالكثيرة- كما في حالة البيئة المائية-، ولا بالقليلة- كما في حالة البيئة الجافة- يطلق عليها البيئة الوسطية (Mesophytic Habitat)، ويطلق على النباتات التي تنمو في هذه البيئة النباتات الوسطية Mesophytes والغطاء النباتي: (Mesophytic Vegetation).

يضاف إلى هذه الأقسام النباتية الثلاثة قسمان آخران هما:

(١) نباتات الرطوبة **Hygrophytes**: وهي تلك النباتات التي تعيش عادة في الظل في ظروف رطوبة جوية وأرض عالية الرطوبة، ومن أمثلتها النباتات التي تستوطن الطبقة الأرضية من الغابات وتلك التي تعيش في بعض أجزاء الجبال المظللة والبعيدة عن أشعة الشمس.

(٢) النباتات الملحية **Halophytes**: التي تستوطن البيئة الملحية (Halic Habitat)، التي تحتوي تربتها على نسبة عالية من الأملاح.

وهناك أنواع من النباتات الحساسة للملوحة (Glycophytes)، أي التي لا تتحمل الملوحة الزائدة بالتربة.

وسنوضح فيما يلي الصفات الخاصة بالنباتات الجفافية والملحية والمائية والوسطى.

(أ) النباتات الجفافية The Xerophytes

- الوسط البيئي للنباتات الجفافية

هناك ترجمات مختلفة لكلمة الجفاف ولكلٍ معنى خاص، فكما رأينا من قبل، جفاف المناخ يطلق عليه (Aridity أو Drought) حيث الأمطار نادرة ودرجة الحرارة عالية، أما كلمة: (Xerism)، فهي تعني جفاف المكان (التربة، الموقع) الذي ينمو فيه النبات الجفافي. وجفاف المكان هو نتيجة لعدم توافر مياه كافية بالتربة ليمتصها النبات؛ حتى يتمكن من القيام بوظائفه الحيوية، إضافة إلى ندرة المياه المتاحة بالتربة، وهذا يؤدي إلى الإخلال بعمليتي: الامتصاص والنتح، وقد يكون جفاف التربة أيضا نتيجة زيادة الماء

الناتج من النبات عن الممتص من التربة، وفي بعض البيئات تكون الأمور أكثر سوءا عندما تكون المياه بالتربة قليلة جدا، وفي نفس الوقت تكون درجة حرارة الجو عالية التي تعمل على زيادة الماء الذي يفقد من النبات بالنتح ومن التربة بالتبخر، ومن ثم تكون البيئة شديدة الجفافية (متطرفة الجفاف) (Extreme Xerism).

- **متى تكون التربة جافة؟**

يعود جفاف التربة أصلا إلى عدم وجود ماء متاح للنبات بها، وهذه هي التربة الجافة فيزيقيا (Physically Dry Soil)، غير أن التربة قد تحتوي على كميات كبيرة من الماء إلا أنه غير متاح لامتصاص النبات للأسباب الثلاثة التالية:

١- تجمد ماء التربة في درجات الحرارة المنخفضة فيصبح غير متاح للامتصاص بواسطة الجذور.

٢- إذا غمرت التربة بالماء غمرا كاملا، تمتلئ كل مسامها الشعرية وغير الشعرية بالماء، مما يؤدي إلى طرد الهواء من الفراغات غير الشعرية، وهذا يعني أن جذور النباتات لن تستطيع التنفس ومن ثم لن تستطيع القيام بعملية الامتصاص، وهي إحدى الوظائف الفسيولوجية للنبات.

٣- لا يستطيع النبات امتصاص المياه إذا زاد تركيز الأملاح والأحماض والقلويات في محلول التربة عن النسبة التي تخل بعملية الضغط الأسموزي في خلايا جذور النبات.

وهكذا تكون التربة جافة بالرغم من احتوائها على الماء، إلا أن النبات لا يستطيع امتصاص هذه الأنواع الثلاثة من الماء، فيكون جفاف التربة حينئذ جفافا فسيولوجيا.

تنمو النباتات الجفافية بصفة عامة في الصحاري وفي كل المواقع التي تكون تربتها فقيرة في محتواها المائي المتاح للنبات، وهناك بيئات متطرفة الجفاف وهي تلك التي تحتوي تربتها على نسبة عالية من الأملاح، بالإضافة على أن المحتوى المائي للتربة منخفض، وهذا يؤدي بدوره إلى تعذر امتصاص الماء حتى للنباتات الملحية نظرا لجفاف التربة طبيعيا وفسيولوجيا.

ما هي صفات النباتات الجفافية؟

- أنواع النباتات الجفافية

النباتات الجفافية بصفة عامة هي تلك الأنواع التي تقتصد في استخدامها للماء المتاح بالتربة، وتستطيع تحمل الجفاف بالتربة والجو. وتنمو النباتات الجفافية تحت هذه العوامل الجافة القاسية بأشكال متعددة، فمنها النباتات الموسمية (Ephemerals)، التي تنهي دورة حياتها من الإنبات حتى إنتاج البذور خلال أسابيع قليلة (٦-٨ أسابيع)- بعد موسم الأمطار، وتموت في موسم الجفاف كل أجزاء النبات، فيما عدا البذور التي تظل بالتربة متحملة الجفاف ودرجات الحرارة العالية حتى موسم الأمطار التالي؛ لتعيد دورها حياتها مرة أخرى. وهناك النباتات ثنائية الحول(Biennials) التي تنهي دورة حياتها في أقل من عامين؛ حيث تنمو خضريا في العام الأول وتزهر وتثمر خلال العام الثاني، والنباتات الحولية وثنائية الحول- مثل النباتات الموسمية لا تظهر إلا بعد موسم الأمطار، وهذه النباتات يطلق عليها (النباتات الهاربة من الجفاف Drought Escaping)، والمتجنبة للجفاف (Drought Evading)حيث تموت أجزاؤها الخضرية والجذرية في فصل الجفاف، ومن ثم فإن هذه النباتات بالرغم من أنها صحراوية إلا أنها ليست جفافية.

توجد في الصحاري مجموعة ثانية من النباتات العصيرية (Succulents) ، وهي صفة مورفولوجية وتشريحية وفسيولوجية تميزها عن غيرها؛ لأنها تقوم بتخزين المياه في أوراقها أو سيقانها، ومن أمثلة النباتات عصيرية السوق (Stem Succulents): نبات التين الشوكي (Opuntia ficus-indica)، وكثير من فصيلة الكاكتاس (Cactaceae)، وبعض أنواع الفصيلة البنية (Euphorbiaceae)، وهذه النباتات تتصف بسيقانها العصيرية السميكة، وأوراقها المتحورة إلى أشواك، وتحتوي السيقان العصيرية على نسيج بارانشمي قوي، جداره مغلظ بمادة شمعية (الكيوتين)، والثغور قليلة جدا، مغمورة بالسيقان، مغلقة لفترات طويلة؛ لتقليل الماء الذي يفقد بالنتح. جذور هذه النباتات قصيرة وكثيرة التفرع وقريبة من سطح التربة؛ لتتمكن من امتصاص أكبر كمية من المياه، ومنها ماء الندى، حيث يختزن في أجهزة التخزين بالسوق.

أما النباتات عصيرية الأوراق (Leafsucculents) مثل بعض أنوع أجناس السيسال (Agave) والصبار (Aloe) - فإن سيقانها تكون ضئيلة وضامرة، وعند تشريح هذه

الأوراق نرى أن الجدر الخارجية للخلايا البرانشيمية سميكة جدًّا؛ لأنها تحتوي على المادة الشمعية (الكيوتين)، وتوجد خارج الخلايا البرانشيمية طبقة الأدمة (Cuticle)، وهي شمعية أيضا؛ وذلك لتقليل الفاقد المائي من النبات، كما توجد تحت الخلايا البرانشيمية عدد من صفوف الخلايا الكلورنشيمية، التي تحتوي على كميات كبيرة من البلاستيدات الخضراء، يليها من الداخل نسيج خازن للماء. والثغور في هذه الأوراق قليلة وغائرة ومغلقة معظم الوقت؛ لتقليل النتح.

مما سبق ذكره، نرى أن النباتات العصيرية لا تعتبر نباتات متحملة للجفاف (Drought-Tolerant)، ولكنها نباتات مقاومة للجفاف (Drought-Resistant).

أما المجموعة الثالثة فهي تلك النباتات الجفافية الحقيقية (True Xerophytes)؛ لأنها تحتفظ بالماء داخل سيقانها أو أوراقها؛ كالنباتات العصرية، ولا تموت في فترة الجفاف؛ كالنباتات الهاربة من الجفاف، بل تظل حية ونشيطة، وتقوم بكل وظائفها الحيوة والفسيولوجية خلال موسمي الأمطار والجفاف، والبرد والحر، ومن ثم فإنها تمثل الإطار الأساسي للنباتات الصحراوية. تشمل هذه المجموعة النباتات المعمرة القوية، وكلها نباتات خشبية (تحت شجيرات وشجيرات وأشجار) جذورها عميقة في باطن الأرض، حيث يصل طول بعضها إلى حوالي ٢٠سم تحت سطح التربة حتى تستطيع الوصول إلى مستوى الماء الأرضي أوإلى طبقة التربة دائمة الرطوبة، ومنها تأخذ كل احتياجاتها من الماء طول العام دون الاعتماد على الأمطار وسيقان هذه النباتات الجفافية الحقيقية قصيرة مقارنة بالجذور، التي تتصف أيضا بأنها عديدة التفرع وتشغل حيزا كبيرا من التربة، ولهذه الأفرع شعيرات جذرية دقيقة وكثيرة؛ لتتمكن من امتصاص أية كمية من المياه موجودة بالتربة أو قرب السطح.

يتضح مما سبق، أن الهدف الرئيسي للنباتات الجفافية الحقيقية (True Xerophytes) هو الحصول على أكبر قدر ممكن من المياه من باطن الأرض بواسطة جذورها العميقة كثيرة التشعب، ورفعه إلى أعلى جزء في المجموع الخضري للنبات، ومن ثم فإن الأوعية الخشبية (Xylem Vessels) لهذه النباتات متطورة وقوية؛ لتتمكن من القيام بوظيفة التوصيل.

تعد معظم النباتات العصيرية وكذلك الجفافية الحقيقية- نباتات معمرة (Perennials)؛ لأن كل أجزائها (الجذور-السيقان-الأوراق) تظل في الصحراء لسنوات

كثيرة دون أن تتأثر بجفاف الجو أو التربة. وهناك بعض الأنواع النباتية الصحراوية التي تجف أجزاؤها الخضرية الهوائية فقط خلال فصل الجفاف، بينما تظل أجزاؤها الأرضية(الريزومات-الدرنات-الأبصال-الكرومات) حية تحت سطح التربة في حالة سكون حتى موسم الأمطار التالي، حيث تنشط وتعطي أجزاء خضرية جديدة فوق سطح الأرض، هذه النباتات ليست نباتات معمرة بالمعنى المفهوم، كما أنها ليست حولية أو ثنائية الحول بل يطلق عليها (نباتات ذات أجزاء معمرة Plants with Perennating Organs).

- البيئات الصحراوية

بعد أن تعرفنا على النباتات الجفافية، يجب التعرف على أنواع البيئات الصحراوية التي تعيش فيها هذه النباتات؛ حيث إن هناك عددًا من البيئات في الصحراء تستوطنها نباتات متنوعة، وهي: الهضاب الصخرية، الوديان، الجبال، الصحاري الحصوية، السهول الصحراوية.

(١) الهضاب الصخرية **Rocky Plateau**

وهي بصفة عامة عارية من النباتات إلا في بعض أجزائها المنخفضة، حيث تتجمع بعض الأتربة والرمال المنقولة بالرياح، وهذه البيئة (Habitat) تبلل بالندى ورطوبة الجو، ومن ثم تصبح صالحة لنمو بعض النباتات الضعيفة قصيرة العمر (Weak and Short-Life Plants)، معظمها نباتات حولية أو موسمية، مثل بعض أنواع الأجناس (poa,Diplotaxis Aristida,).

وتنمو بعض النباتات المعمرة في شقوق الصخور التي تستطيع أن ترسل جذورها في هذه الشقوق الممتلئة بالأتربة والرمال الرطبة، ومن هذه النباتات بعض أنواع الأجناس: Echinops,Iphiona,Asteriscus,Farsetia,Ephedra,Calligonum,Capparis.

(٢) الوديان الصحراوية **Desert Wadis**

وهي عبارة عن أنهار صحراوية جافة تقع بين جبلين يمكن أن يصبح كل واد مجرى مائيا مؤقتا بعد هطول الأمطار الغزيرة؛ إذ قد تحدث في بعض المناطق الصحراوية سيول غزيرة وقوية تملأ مجاري هذه الوديان، مسببة خسائر جمة للغطاء النباتي.

والوادي نظام بيئي خاص يتكون من ثلاثة أجزاء رئيسة هي: الجزء العلوي

(Upstream part)، الجـــزء الأوســـط (Midstream part) والجـــزء الأســـفل (delta) (Downsrteam part) ولكل واد- كالأنهار- روافد (Tributaries) تغذيه بمياه الأمطار من المرتفعات المجاورة.

يختلف الغطاء النباتي للوادي تبعا لمورفولوجية الوادي وزمن تكوينه، فالوديان حديثة التكوين تكـون أرضـيتها (Wadi bed) صـخرية، تختلـف عـن أرضـية (Substratum) الهضاب الصخرية؛ فالأولى محمية من عامل الريـاح الـذي لـه تـأثير كبـير عـلى الهـضاب الصخرية، وتتصف أرضية الوديان الحديثة بالشقوق الكثيرة التي تنمو فيها نباتات خاصة يطلـق عليهـا: (نباتـات الـشقوق الـصخرية Chasmophytes) مثـل Asteriscus, Iphiona.

وفي المراحل المتقدمة لأرضية الوديان يزداد سمك التربة نسبيا، وتنمـو عليهـا نباتـات حولية وموسمية، أما في الوديان كاملة التكوين والتطـور فغطاؤهـا النبـاتي يمثـل الطـور الذروي (Climax Stage) للغطاء النباتي الصحراوي، حيث تنمـو أشـجار وشـجيرات من أنواع الأجناس: Acacia,Balanites,Ziziphus, Tamarix.

(٣) المناطق الجبلية Montane Regions

توجد بها الكثير من الأنواع النباتية ، ينمو بعضها على قمم الجبال مثـل: Caralluma، وينمو بعضها الآخر عـلى المنحـدرات مثـل: Psiada,Aerva,Acacia,Indigofera. كـما تنمو أنواع نباتية أسفل الجبال العالية مثل: Moringa.

(٤) الصحاري الحصوية Gravel Deserts

وهي منتشرة في كل المناطق الجافة بالعالم، تغطي سطح التربة في هذه البيئـة طبقـة مـن الحصى مختلفة الأحجام والأشجال، لونها بني داكن، تعمل على حماية التربة الواقعة تحتها. وهي تربة عارية من الغطاء النباتي إلا في بعض المواقع الخالية من طبقة الحصى، حيث تنمو بعض النباتات مثل:

Aristida,Senecio,Centaurea,Trigonella,Schismus,Aizoon,Anastatia

(٥) السهول الصحراوية Desert Plains

وهي عبارة عن سهول مستوية تتجمع فيها الترسيبات التربية(من التربة) المنقولة بالماء

(Alluvial Deposits)، ومن ثم فهذه البيئة صالحة لنمو الكثير من النباتات المعمرة، وكذلك النباتات الحولية والموسمية وثنائية الحول في مواسم الأمطار . من أمثلة تلك النباتات أنواع من الأجناس التالية:

Zygophyllum,Leptadenia,Rhazya,Panicum, Pennisetum, Anabasis, Hammada,Salvadora,Dipterygium.

وهناك سؤال مهم يلزم طرحه في هذا المقام، ما هي الخصائص والتحورات الشكلية والتشريحية والفسيولوجية للنباتات الجفافية؟

ستكون الإجابة عن هذا السؤال القاعدة التي تبنى عليها الأهمية البيئية والاقتصادية للنباتات الصحراوية بصفة عامة والجفافية بصفة خاصة.

- **تأقلم النباتات الجفافية**

سبقت الإشارة إلى أن النباتات الجفافية تعمل لسد حاجتها من الماء على جمع أكبر كمية ممكنة منه، من المنطقة التي تعيش فيها حيث الأمطار نادرة الحدوث. وفي نفس الوقت لها صفاتها وخصائصها المختلفة التي تعتبر أساليب طبيعية لهذه النباتات للوقاية من فقد الماء بواسطة النتح، كالأدمة السميكة والثغور الغائرة والشعيرات السطحية الكثيفة ، إضافة إلى طبقة الفلين السميكة التي تغطي الأجزاء الأرضية لبعض الأنواع؛ وقاية لها من امتصاص التربة الجافة لمائها؛ وذلك لأن للتربة الجافة قوة امتصاص كبيرة تمكنها من سحب أغلب الماء المتبقي داخل الخلايا (الأنسجة) ، كما أنها تغطي الأجزاء المسنة من الساق لتقليل النتح.

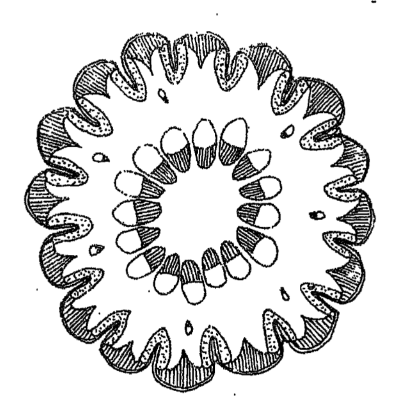
وإذا أخذنا قطاعا مستعرضا .T.S في ساق أحد النباتات الصحراوية الجفافية الذي يغزر نموه في بعض الصحاري العربية، وهو نبات الرتم (Retama raetam) (شجيرة خشبية)، هو عديم الأوراق، سيقانه الطرفية خضراء مستديرة تؤدي وظيفة التمثيل الضوئي عوضا عن الأوراق (انظر الشكل رقم ١). يلفت النظر عند فحص القطاع، وفرة العناصر الميكانيكية (الدعامية) والتوصيلية (Xylem)، ووجود نتوءات على سطح الساق تفصلها تجاويف تجعل سطح الساق غير مستو، وتغطي البشرة (Epidermis) بأدمة سميكة (Cuticle) كما تنحصر الثغور (Stomata) في التجاويف أو تقع في منطقة بارنشيمية ، خلاياها رقيقة الجدر، تمثيلية؛ لاحتوائها على كمية كبيرة من البلاستيدات

الخضراء، تحمي الثغور وفتحات التجاويف، شعيرات سطحية تساعد على تقليل النتح وإضعاف أثر الهواء الخارجي الجاف. أما في النتوءات، فتوجد تحت البشرة أنسجة إسكلارانشيمية دعامية مغلظة، وتتكون الأسطوانة الوعائية من حزم وعائية مرتبة في حلقة واحدة، تحتوي كل حزمة على خشب ثانوي إلى جانب الخشب الابتدائي، وبالخشب قدر وفير من العناصر الملجننة.

يتضح من التركيب الداخلي (التشريحي) لساق النباتات الجفافية، أنها تتصف بما يلي:

١ – الثغور الغائرة.

٢– الأدمة السميكة.



شكل رقم (١)

رسم تخطيطي لقطاع مستعرض في ساق نبات الرتم **Retamaraetam** الصحراوي (الجفافي **Xerophye**) يبين

(ب) البشرة، (س) نسيج إسكلارانشيمي، (ت) نسيج تمثيلي، (د) بروز (م) تجويف ، (ث) ثغور

٣- الشعر السطحي العزير على السطوح الناتحة؛ وذلك لتقليل فقد الماء بعملية النتح.

٤- كثرة الأنسجة العمادية في أوراق النباتات الصحراوية، حيث يتكون النسيج الوسطي في بعض تلك النباتات- مثل نبات: Capparis spinosa- من خلايا عمادية فقط، ويختفي النسيج الإسفنجي كله.

٥- وفرة العناصر الملجننة وازدياد تغلظ الجدر الخلوية، وهي صفات تساعد على عدم تهدل النبات عندما يفقد كمية كبيرة من مائه أثناء الذبول، الذي يتعرض له كثيرا في بيئته الطبيعية؛ إذ إن ذلك التهدل يؤدي إلى غلق أوعية التوصيل، فلا تستطيع أداء وظائفها التوصيلية مرة أخرى بعد زوال الذبول. إن وجود العناصر الملجننة بوفرة يعمل على تكوين هيكل يقي النباتات من هذه الأضرار الميكانيكية.

٦- طبقة الشمع السطحية التي تميز الكثير من النباتات الجفافية، بالإضافة إلى الأدمة السميكة، كما في الأمثلة التالية: Euphorbia,Farsetia,Calotropis

ومن أهم الصفات الشكلية (المورفولوجية) للنباتات الجفافية- تحور الأعضاء الخضرية إلى أشواك، وقد ثبت أن هذا التحور اختزال ليس فقط للنتح الكلي كنتيجة لنقص مساحة السطح الناتح بسبب صغر النسبة بين السطح والحجم وبين السطح والوزن، ولكن أيضا لمعدل النتح من وحدة السطح. وفي نبات السُّلة (Zilla spinosa) نلاحظ أنه كلما قلت رطوبة الوسط الصحراوي الذي يعش فيه النبات، قل حجم الأوراق وعددها وزادت الأشواك في العدد والحجم، وكلما قل الجفاف انعكست هذه النسبة فتكبر الأوراق وتكثر وتقل الشواك وتصغر، وفي الصحاري متطرفة الجفاف لا تحمل نباتات السلة البالغة أوراقا على الإطلاق..

وتؤدي هذه العلاقة بين النبات وعوامل البيئة المتغيرة إلى أن تكون هناك أشكال ونموات متنوعة للنوع النباتي الواحد، هذه الأشكال ليست أنواعا متباينة (Different Species) ولكنها أنواع بيئية لنوع نباتي واحد (Ecotypes for one plant species) والنباتات الشوكية كثيرة في الصحاري، ومن أمثلتها أنواع من أجناس: Fagonia,Capparis,Launaea,Astragalus,Echinops,Silybum

هناك نوع آخر من التحورات في بعض النباتات الجفافية، ففضلا على أن معظم

النباتات الجفافية تعمد إلى التخلص من أوراقها في موسم الجفاف لموازنة محتواها المائي، يوجد أيضا عدد كبير من أنواعها عديمة الأوراق أو قد تحمل أوراقا صغيرة مختزلة لا تقوم بدور يذكر في عملية التمثيل الضوئي، ومن أمثلة هذه النباتات: Hammada,Retana,Anabasis ، وتقوم بعملية التمثيل الضوئي عوضا عن الأوراق- فروع طرفية خضراء رفيعة وفي فقد الأوراق اختزال كلي للنتح، وجميع الأنواع النباتية الجفافية بالصحاري تختزل أوراقها أو تفقدها كلية في فصل الجفاف أو تحت العوامل البيئية غير الملائمة للتوازن المائي.

وتفيد الأعضاء الأرضية المتشحمة في بعض النباتات الجافة الصحراوية؛ كالجذور اللحمية والأبصال والدرنات والكورمات- في اختزان الماء. فعندما يحل فصل الجفاف الشديد تذوى الأجزاء الهوائية، ويحيا النبات في ذلك الفصل في صورة بصلة أو درنة أو كورمة تحت سطح التربة (وهذا هو الجزء المعمر في النبات The perennating organ) ويغطى سطح هذه الأعضاء الأرضية عادة بحراشيف أو أوراق جافة أو غلاف فليني، أو غير ذلك مما يحول دون فقدها للماء، وعندما تصبح العوامل البيئية ملائمة- بعد انتهاء فصل الجفاف- يستغل الماء والغذاء المختزنين في تكوين أعضاء خضرية جديدة تظهر فوق سطح الأرض، ومن أمثلة هذه النباتات أنواع من أجناس: Pancratium, Asphodelus,Ferula .

تتصف النباتات الجفافية فسيولوجيا بما يلي:

١- ارتفاع نسبة المقيد بها.

٢- ارتفاع الجهد الأسموزي.

٣- تذبذب معدل النتح بها.

أولا: الماء المقيد Bound Water

أوضحت الدراسات أن النباتات الجفافية تحتوي عادة على نسبة عالية من الماء المقيد (The Bound Water)، وهو ماء يرتبط بقوة بالمواد الغروية التي توجد بالخلايا الحية إلى درجة فقده لخصائص الماء الحر؛ من حيث القابلية للتبخر السريع تحت تأثير عوامل التبخر الجوية، وكلما نقص المحتوى المائي للخلية زاد ارتباط الماء بتلك المواد. إن وجود هذا الماء المقيد يجعل الروتوبلازم (المادة الحية بالخلية) دائمًا في حالة من التميؤ تحفظ له

حيويته في ظروف الجفاف الشديدة، وتقيه من التعرض لجفاف يهلكه، وهذا من أهم الخصائص الفسيولوجية لنباتات الجفاف. يرتبط ارتفاع نسبة الماء المقيد ارتباطا وثيقا بمقدرة النباتات على مقاومة الجفافا واحتمال الذبول الدائم، حيث وجد أن النباتات التي تتعرض للذبول الدائم مرات متكررة، تكتسب مقاومة للذبول بالتدريج؛ إذ تقل نسبة النباتات التي تموت منها بعد كل ذبول، ويصحب ذلك الازدياد في مقاومة الذبول الدائم ازديادا مماثلا في نسبة الماء المقيد.

ولما كانت نباتات الجفاف تتعرض كثيرًا في بيئتها الطبيعية إلى الذبول دائم متكرر، فمن المرجح أن يكون تكرار هذا الذبول من العوامل التي تنمي فيها القدرة على احتمال الجفاف، عن طريق زيادة تقييد الماء للمواد الغروية بالخلايا الحية، ومن المحتمل أن ازدياد الجهد الأسموزي (Osmotic Potential) – يلعب هو الآخر دورا مهمًّا؛ حيث يحفظ حيوية البروتوبلازم ويمنع جفافة وموته بفقد الماء فقدا تاما. وهذا من أرقى مظاهر مقاومة الجفاف التي تتميز بها النباتات الجفافية الحقيقية (True Xerophytes)، ومن هذا يتضح أن نمو نباتات الجفاف ومعيشتها تحت ظروف الجفاف السائدة في صحارينا العربية– ينتج عنه نوع من المناعة المكتسبة ضد الجفاف (Drought Hardness) تنطوي على زيادة في الصلابة والتماسك الميكانيكي، وهي صلابة يصحبها بالضرورة انخفاض في المحتوى المائي للأنسجة، ومن المرجح أن يرافق نقص المحتوى المائي للأنسجة تغيرات فيزيقية وكيميائية، تؤثر على الخصائص الغروية للبروتوبلازم وتؤدي إلى زيادة اجتذابها للماء.

ثانيا: الجهد الأسموزي Osmotic Potential

من الخصائص الفسيولوجية التي تتصف بها نباتات الجفاف الحقيقية أيضا– ارتفاع الجهد الأسموزي للعصير الخلوي؛ إذ يتراوح ذلك الجهد في معظمه ما بين –١٥ إلى –٤٥ ضغط جوي، وربما يزيد في بعض النباتات تحت ظروف الجفاف المتطرفة، وهو جهد أعلى بكثير من ذلك في النباتات الوسطية (الذي يترواح ما بين –١ إلى –٧ ضغط جوي).

ويبدو أن ارتفاع الضغط الأسموزي لنباتات الجفاف نشأ أساسا من تقييد كميات كبيرة من الماء. وارتباطه بالمواد الغروية بقوة يحول دون اشتراكه في إذابة المواد القابلة للذوبان بالعصير الخلوي، كما أن هذا الجهد الأسموزي المرتفع تصحبه– في حالة النباتات

الجفافية- زيادة في الامتصاص حيث إن الجهد الامتصاصي يمكن أن يزداد سريعا إلى درجة كبيرة نتيجة فقد كمية ضئيلة جدا من الماء، وذلك ضرب من الملاءمة الفسيولوجية لنبات الجفاف.

ثالثا: النتح Transpiration

تختلف شدة النتح في النباتات الجفافية بحسب العوامل البيئية السائدة، ولا يمكن اعتبار النتح السريع أو النتح البطيء صفة فسيولوجية مميزة لتلك النباتات، وذلك لأنها لا تتصف من هذه الناحية بصفة ثابتة، بل إنها تبدي مرونة كبيرة وتتصرف وفق ما تقتضيه احتياجات توازنها المائي. والمقدرة الحقيقية التي تتميز بها هذه النباتات ليست في إنقاص معدل النتح عندما تتوفر الموارد المائية؛ إذ إن ذلك يقتضي عادة إغلاق الثغور التي يتم خلالها تبادل الغازات لعمليتي: التنفس والتمثيل الضوئي- بل في إنقاص ذلك المعدل إلى أقل حد ممكن وقت الجفاف، وعندما تكون هناك حاجة ماسة لحفظ البقية الباقية من ماء النبات؛ إبقاءا على حياته. ولذلك أوضحت البحوث والدراسات أن النباتات الجفافية لا تتميز بمعدل نتح منخفض كما كان يعتقد من قبل، ولكن بمعدل نتح كبير عندما تكون الموارد المائية وفيرة؛ وذلك لاشتداد عملية التبخر الجوية في بيئتها الطبيعية، أما عند نضوب المورد المائي أو شحه، فإن التوازن المائي يختل وتتولد مقاومة للجفاف من شأنها أن تختزل معدل النتح اختزالا كبيرا.

(ب) النباتات الملحية The Halophytes

تكون النباتات الملحية الغطاء النباتي للبيئة الملحية (The HalophytesVegetation)، وهي نباتات عالية التخصص، تتميز بكونها شديدية التحمل لملوحة التربة (وبعضها يتحمل حرارة الجو كذلك)، وهذا التحمل يمكن ملاحظته في مقدرتها على النمو والتكاثر في تربة مالحة لا يمكن لأي نباتات أخرى غير ملحية (Glycophytes) أن تنمو بها. كما أن الإنتاج الخضري المطلق للنباتات الملحية يكون عادة مرتفعا في البيئة الملحية عنه في بيئة غير ملحية.

- أنواع النباتات الملحية

النباتات الملحية إما أن تكون اختيارية (Facultative Halophytes)، قادرة على النمو في تربة ملحية، ولكنها تنمو بشكل أفضل في تربة غير ملحية، وهي تختلف في ذلك عن

النباتات غير الملحية (Glycophytes)، ذات الحساسية للملوحة بالتربة . أو أن تكون إجبارية (Obligate Halophytes)، وهي التي لا تنمو إلا في التربة الملحية فقط دون غيرها. ولا ترى أبدا في التربة التي تنمو بها النباتات الحساسة لملوحة التربة.

كما أن هناك نباتات ملحية مفضلة للتربة الملحية (Euhalophytes)، أفضل نمو لها في التربة التي تحوي نسبة عالية من الملوحة، إلا أنها تنمو نموًا ضعيفًا في التربة قليلة الأملاح أيضا.

أثبتت التجارب أن الازدياد في تركيز ملوحة التربة في حدود معينة ليس عقبة؛ إذ يمكن التغلب على ذلك من أجل امتصاص النباتات الملحية لماء التربة، بل إن تلك النباتات تستطيع التغلب على هذه الصعوبة برفع درجة تركيز عصيرها الخلوي. وتختلف مقدرة النباتات على هذه الملاءمة، فمعظم النباتات الأرضية لا تستطيع أن تتحمل سوى تركيز معتدل لأملاح التربة، بينما النباتات الملحية تستطيع أن ترفع جهدها الأسموزي إلى درجة كبيرة تكفي للتغلب على مقاومة محلول التربة للامتصاص، حتى إذا كانت درجة التركيز عالية نسبيا. وهذا يعني أن الجهد الأسموزي للنباتات الملحية أعلى بكثير من الأقسام البيئية الأخرى، فهو يتراوح ما بين -٣٠ إلى -٦٠ ضغط جوي، وقد يزيد عن ذلك في بعض الأنواع.. كما أن المحتوى المائي للمجموع الخضري أعلى بكثير في نباتات التربة الرطبة عنه في نباتات التربة الجافة نسبيا، لذلك تبدو نباتات التربة الملحية موفورة الماء، عصيرية متشحمة، وتلك إحدى صفات بعض النباتات الملحية . كما يمكن اعتبار الجهد الأسموزي المرتفع وسيلة من وسائل مقاومة النباتات الملحية لملوحة التربة؛ لتتمكن من امتصاص الماء من محلولها المركز.

تتميز النباتات الملحية أيضا بمحتوى عالٍ من الماء المقيد (Bound Water) في خلاياها، وتتشابه في ذلك مع النباتات الجفافية الحقيقية والماء المقيد- كما سبق ذكره- يساعد على مقاومة الجفاف.

- بذور النباتات الملحية

لا تستطيع بذور النباتات الملحية الإنبات إلا بعد سقوط الأمطار التي تعمل على تخفيف محلول التربة، كما تغسل الأملاح وتحملها إلى الطبقات العميقة من التربة، ولكثير

من النباتات الملحية جذور سطحية تجنبها الضرر عند تراكم الأملاح في الطبقات العميقة، ورداءة التهوية الناتجة عن تجمع الماء فيها.

- المستنقعات الملحية **The Salt Marshes**

التربة الملحية التي تنمو عليها النباتات الملحية؛ إما أن تكون مغمورة تماما بالماء الملحي، كما في حالة مستنقعات المانجروف (الشورة) على شواطئ البحار والمحيطات بالمنطقة المدارية الحارة في العالم (**Mangrove Swamps**)، أو تكون مستنقعات ملحية رطبة (**Wet Salt Marshes**) أي: التربة المشبعة بالماء، وهذه تكون متاخمة لمستنقعات المانجروف، أو تكون تربة مستنقعات ملحية جافة (Dry Salt Marshes)، وهي المنطقة الداخلية على حدود المستنقعات الرطبة. تتأثر هذه المناطق الثلاثة تأثيرا مباشرًا بمياه البحر، لذلك يطلق عليها المنتقعهات الملحية الساحلية [Coastal (Littoral)SaltMarshes].

تكون نسبة الأملاح الذائبة في تربة مستنقعات الشورة أقل بكثير عنها في تربة المستنقعات الرطبة؛ وذلك لأن الأولى مغمورة بمياه البحر التي تغسل الأملاح وتسربها إلى الأسفل، أما المستنقعات الرطبة فتغمر بمياه البحر خلال فترات المد البحري فقط، وتتعرض في الفترات الأخرى لأشعة الشمس التي تعمل على تبخر المياه، تاركة الأملاح خلفها. في حين أن نسبة الأملاح بتربة المستنقعات الملحية الجافة أعلى بكثير من المستنقعات الرطبة؛ وذلك لأن الأولى تكون معرضة لأشعة الشمس، ولا تصلها مياه البحر إلا خلال فترات العواصف فقط، وعلى هيئة رذاذ متناثر(Sea Water Spray) ، وبناء عليه ترتفع كميات الأملاح بتربتها.

كما توجد المستنقعات الملحية الداخلية(Inland Salt Marshes) ، التي تقع بعيدة عن تأثير البحر، حيث توجد بالواحات في الصحاري الداخلية ذات المياه الجوفية القريبة من سطح الأرض، أو ذات المياه الجارية من عيون فوق سطح الأرض مكونة بحيرات (أو برك) ممتلئة بالماء، وتوجد على جوانبها المستنقعات الملحية الناتجة من تبخر المياه تاركة الأملاح خلفها. وفي كثير من الأحيان تصبح مياه هذه البحيرات مالحة. وتنشأ في هذه البيئة المستنقعات الملحية الداخلية التي تشمل ثلاثة مناطق (Zones) ، كما هو الحال في المستنقعات الملحية الساحلية.

توجد المنطقة الأولى على الحواف الداخلية للبحيرات والبرك، وتربتها مغمورة بالمياه بصفة دائمة، تسودها نباتات المستنقعات القصبية (Reed Swamps (Heliophytes، مثل أنواع الأجناس: (Typha,Phragmites)، وتتاخمها منطقة المستنقعات الملحية الرطبة، تليها المستنقعات الملحية الجافة. وهذا يعني أن هناك تشابه في توزيع الغطاء النباتي إلى مناطق (Zonation) سواء في المستنقعات الملحية الساحلية والداخلية، إلا أن مستنقعات الشورة (Mangrove Swamps) توجد على سواحل البحار، بينما المستنقعات القصبية توجد بالواحات الداخلية في الصحاري، وأحيانا في بعض المواقع من سواحل البحار.

مناطق توزيع الغطاء النباتي الملحي

Zonation Pattern in The Halophytic (Salt Marsh) Vegetation

تعتبر هذه ظاهرة عالمية للغطاء النباتي الملحي، ويتحدد عدد المناطق (Zones) بعدد من العوامل ذات التاثير المباشر، أهمها:

مدى وصول المد البحري وفترة بقائه- غمر النباتات بالمياه- مستوى سطح الأرض- عمق التربة- ملوحتها- مستوى الماء الأرضي- مدى وصول الرذاذ البحري- وأمواج البحر.

لكل هذه العوامل التأثير الفردي والجماعي، فإذا نظرنا إلى الأنواع النباتية التي تستوطن المنطقة الأولى القريبة من مياه البحر، نرى أنها تتصف بمقدرتها على الغمر بالمياه لفترات أطول من تلك التي تستوطن المنطقة الثانية، وهكذا وقد وجد أن النباتات التي تسود في المنطقة الملحية البعيدة عن تأثير المياه يكون تحملها للملوحة أكبر من النباتات التي تنمو في المنطقة الأولى المتاخمة لمياه البحر.

تأقلم النباتات الملحية

وتبعا للطريقة التي تستطيع بها النباتات الملحية التكيف أو التأقلم مع التربة الملحية، (Adaptation) تم تقسيمها إلى أربع مجموعات كما يلي:

١- مجموعة النباتات الملحية المفرزة للأملاح (Salt Excretive Halophytes)

وهي تلك التي توجد بها غدد خاصة في الأوراق أو السوق، وظيفتها إخراج الأملاح الزائدة عن حاجة النبات والممتصة من التربة خارج جسم النبات، وبهذه الطريقة تتخلص

هذه النباتات من الأملاح غير المرغوب بها، ويمثلها نباتات: Tamarix, Limonium, Cressa .

٢- مجموعة النباتات الملحية العصيرية **Succulent Halophytes**

تمتص أكبر كمية من محلول التربة والماء، وتختزن الماء في أوراقها أو سوقها؛ وذلك لتخفيف كميات الأملاح الزائدة الممتصة من التربة. تمثل هذه المجموعة بنباتات: Halocnemum, Halopeplis, Suaeda, Salsola, Arthrocnemum, Zygophyllum.

٣- مجموعة النباتات الملحية المخزنة للأملاح **Cumulative Halophytes**

وهي نباتات ليست عصيرية ولا توجد بها غدد إفرازية، ولكنها تقوم بتخزين الأملاح الزائدة الممتصة من التربة في بعض أجزائها الخضرية (الأوراق- أطراف السوق)، التي تذبل وتموت عندما ترتفع فيها نسبة الأملاح كثيرا فتسقط على الأرض، وبذلك يتخلص النبات من الأملاح غير المرغوب بها. تمثل هذه المجموعة بنباتات السمار المر Juncus .

٤- مجموعة النباتات المبعدة للأملاح **Salt Exclusive Halophytes**

وهذه النباتات (مثل نبات الشورة Avicennia) تحول دون دخول كل الأملاح الذائبة في محلول التربة، وتسمح فقط بدخول الأملاح المرغوب بها.

معظم النباتات الملحية التابعة للمجموعات الأربع السابقة، نباتات معمرة، غير أن هناك عددا من النباتات الملحية الحولية مثل: Mesembryanthemum sp., Zygophyllum simplex .

(ج) النباتات الوسطية **The Mesophytes**

تعريف:

النباتات الوسطية هي تلك التي تعيش في البيئة الوسطية (Mesic Habitat)، التي تحتوي تربتها على كمية مياه متوسطة بين ما بالبيئة المائية والبيئة الجافة، وكذلك فإن كمية الأملاح الذائبة في تربة البيئة الوسطية معتدلة جدا ولا تزيد عن حاجة النباتات الوسطية، بالإضافة إلى أن كمية الأكسجين بالتربة كافية لتنفس الجذور. ويتبع هذه المجموعة كل نباتات المحاصيل والحدائق والخضر والفواكه.

لا تستطيع النباتات الوسطية استيطان البيئة المائية ولا الأراضي المشبعة بالماء، كما أنها لا تستطيع أن تنمو في الأماكن شحيحة الماء، لذلك فإن ضروب الملاءمة التركيبية والتشريحية والفسيولوجية التي تتصف بها النباتات الجفافية والملحية والمائية- لا وجود لها في النباتات الوسطية.

أقسام النباتات الوسطية وصفاتها

تنقسم النباتات الوسطية من حيث شدة الضوء المعرضة له، إلى:

- نباتات ظل [Sciophytes] Shade - Loving Plants.

- ونباتات شمس [Heliophytes]Sun - Loving Plants.

وبالرغم مما يبدو على النباتات الوسطية من افتقار إلى صفات شكلية تميزها عن غيرها، فإنها لا تقل تجاوبا مع بيئتها عن نباتات البيئات الأخرى؛ إذ تتمتع هذه النباتات بمجموع جذري كبير، متفرع وممتد، واسع الانتشار، طوله يماثل طول المجموع الخضري تقريبا-إذا ما قورن بالنباتات الجفافية التي يصل طول مجموعها الجذري إلى عشرة أضعاف طول مجموعها الخضري، والعكس صحيح في النباتات المائية- كما يساوي حجم التربة الذي يشغله المجموع الجذري، على وجه التقريب، حجم الحيز الهوائي الذي يشغله المجموع الخضري، والشعيرات الجذرية موجودة باستمرار وبغزارة، إضافة إلى أن الظروف التي تعيش فيها النباتات الوسطية مواتية لتجمع الدبال والكائنات الدقيقة.

تبلغ أوراق النباتات الوسطية أوج تكوينها، فهي عادة كبيرة ومتوسطة السمك، كما أن لونها أخضر داكن بسبب بشرتها الرقيقة الشفافة ذات الأدمة معتدلة التغلظ، وبسبب غزارة تكوين اليخضور. فيها الثغور فيها غزيرة بوجه عام وأكثر ازدحاما على السطح السفلي عنها على السطح العلوي، منتظمة التركيب وخلاياها الحارسة بالغة الكفاءة، وسرعة النتح عادة متوسطة. الجهد الأسموزي لهذه النباتات متوسط [من -١ إلى -٧ ضغط جوي] بين النباتات المائية [من -٣ إلى -٤ ضغط جوي]، والنباتات الجفافية [من -١٥ إلى -٤٥ ضغط جوي] والنباتات الملحية [من -٣٠ إلى -٦٠ ضغط جوي].

(د) النباتات المائية The Hydrophytes

تعريف وتقسيم النباتات المائية

النباتات المائية هي تلك التي تنمو كليا أو جزئيا تحت سطح الماء، لها شكل يكاد يكون موحدا، وتحوراتها التي تمكنها من العيش في الماء أقل بكثير من تحورات النباتات الجفافية.

يمكن تقسيم النباتات المائية إلى ثلاث مجموعات:

(١) مجموعة النباتات المغمورة Submerged Hydrophytes

تكون كل أجزاء جسمها (الجذور – السيقان – الأوراق) تحت سطح الماء حتى التلقيح والإخصاب يتمان تحت سطح الماء، ما عدا قلة من النباتات تقترب أفرعها الحاملة للزهور من سطح الماء، فتظهر الأزهار فوق السطح؛ لإتمام عملية التلقيح في الهواء، ثم تغمر بعد التلقيح بالماء من جديد. تمثل النباتات المغمورة أنواعا من أجناس النباتات التالية:

Ceratophyllum, Potamogeton, Ottelia, Halophila, Elodea, Cymodocea, Zostera

(٢) مجموعة النباتات الطافية Floating Hydrophytes

وهذه يكون جزء من جسمها (السوق والجذور) تحت سطح الماء، وتكون الأوراق والزهور والثمار فوق سطح الماء. وتشمل النباتات الطافية:

أ- نباتات طافية حرة الحركة Free - Floation Hydrophytes

ب- نباتات طافية مثبتة في قاع الجسم المائي

Fixed - Floating Hydrophytes

تكون ريزومات النبات في الحالة الأولى مثل نبات الهياسنت (ورد النيل **(water Hyacinth** Eichornia crassipes حرة الحركة تحت سطح الماء مباشرة حاملة الأوراق والزهر والثمار فوق سطح الماء، دون أي عائق يعمل على منع تحريكها فوقه. ويثبت النبات في الحالة الثانية مثل نبات: Potamogeton nodusus جذوره في القاع، ثم يرسل سيقانه أو أفرعه عاليا حاملة الأوراق والزهور والثمار حتى تصل إلى سطح الماء، والطفو هنا هو طفو غير كامل؛ لأن النبات مثبت من أسفل، وتهتز أوراقه فوق سطح الماء بفعل الرياح في كل الاتجاهات.

(٣) مجموعة النباتات الظاهرة (المغموسة) Emersed Hydrophytes

معظم مجموعها الخضري فوق سطح الماء، وتوجد الجذور (والوريزومات إن وجدت) والجزء الأسفل من السوق وبعض الأوراق تحت سطحه، ويطلق على هذه النباتات أيضا النباتات البرمائية حيث تعيش جزئيا في الماء وجزئيا في الهواء. والنباتات التي تتبع هذه المجموعة هي نباتات المستنقعات القصبية (Reed Swamp Plants)، مثل: Typha, Cyperus, Phragmites ، كما يطلق على هذه النباتات: Helophytes ، هذا ويمكن أن تعتبر بيئة المستنقعات القصبية مرحلة انتقالية بين البيئة المائية والبيئة الأرضية.

- تأقلم النباتات المائية Adaptation of Hydrophytes

لما كان الوسط المائي شديد الانتظام والتجانس في جميع أجزائه- فإن النباتات المائية المغمورة والطافية تبدي ضروبا من الملاءمة البيئية والفسيولوجية أقل مما تبديه النباتات الأرضية التي تعيش تحت ظروف بيئية أكثر تعقيدا وأقل انتظامًا وتجانسا. وتتمثل ضروب الملاءمة التركيبية التي تتصف بها النباتات المائية- في استجابتها لوفرة الماء وما تنطوي عليه تلك الوفرة من نقص كمية الأكسجين اللازم للتنفس. لذلك فإن الصفات التشريحية لهذه النباتات تتلخص في نقص الأنسجة الوقائية من فقد الماء والأضرار الميكانيكية، ونقص أنسجة التوصيل والتدعيم ، وزيادة ظاهرة في أجهزة التهوية مع نقص في الأنسجة العمادية، فإن أهم ما تعانيه النباتات المائية وخاصة المغمورة منها هو الحصول على حاجتها من الهواء في الوسط المائي المحيط بها من كل جانب. وبينما يحتوي اللتر من الهواء على حوالي ٢١٠ سم٣ من الأكسجين، ٠٫٣ سم٣ ك أ٢- فإن لترا من الماء العذب في درجة ٢٠° يمكنه أن يذيب ٦ سم٣ من الأكسجين ، ٠٫٣ سم٣ ك أ٢ وقد تكون كمية الأكسجين التي توجد فعلا في الماء وخاصة الماء الراكد أقل بكثير من ذلك، وهذا يعطينا فكرة عن الصعوبة التي تواجهها النباتات المغمورة لتحصل على حاجتها من الأكسجين، لذلك تتميز النباتات المغمورة والأجزاء الواقعة تحت سطح الماء للنباتات الطافية والمغموسة بوجود ممرات هوائية داخل الأعضاء تفصلها حواجز رقيقة من خلايا بارانشيمية مكونة أنسجة تهوية (Aerenchyma) تمثل مستودعات تختزن فيها الغازات اللازمة لعمليات التبادل كما يختزن فيها أيضا الأكسجين المتخلف من عملية التمثيل

الضوئي لاستعماله في التنفس، كذلك فإن جانبا من ك أ٢ الذي يتجمع في هذه المستودعات أثناء الليل يمكن استعماله في التمثيل الضوئي عندما تتعرض النباتات المغمورة لضوء الشمس.

وجذور النباتات المغمورة مختزلة غاية في الاختزال، قليلة التفرع أو عديمته، خالية من الشعيرات الجذرية، وفي بعض النباتات مثل: Ceratophyllum لا توجد جذور على الإطلاق. أما أوراق النباتات المغمورة فهي ناقصة نقصا كبيرا في الحجم والسمك، غير أنها تتصف باتساع سطح الأنسجة المختصة باستقبال الضوء المنتشر، والبلاستيدات الخضراء عادة كبيرة جدا ومتحركة، والثغور غير موجودة إلا في شكل بدائي وليس لها وظيفة، لكن لا يقوم النبات بإخراج الماء الزائد عن حاجته بواسطة عملية النتح (Transpiration)- كما في النباتات الأرضية أو في الأجزاء الهوائية للنباتات المائية-، ولكن بواسطة عملية الإدماع (Guttation) عن طريق ثقوب تسمى: Hydathodes في حين تشبه أوراق النباتات الطافية أوراق النباتات الأرضية أكثر من النباتات المغمورة، فهي مغطاة بطبقة من الشمع على سطحها العلوي؛ لمنعها من البلل وتفاديا لسد ثغوره بالماء، وبها ثغور نشيطة على السطح العلوي فقط.

ولبعض النباتات المائية جذور هوائية تنفسية Respiratory Roots (Penumatophores) ، خاصة نباتات المستنقعات الطينية؛ حيث التربة رديئة التهوية، لكونها مغمورة بصفة دائمة بمياه البحار المالحة التي تحوي كمية ضئيلة جدا من الأكسجين الذائب، ومن أمثلة هذه النباتات نبات المانجروف (الشورة) Avicennia marina ، وهي أشجار وشجيرات تعيش على سواحل البحار بالمنطقة الحارة في العالم (كساحل البحر الأحمر)، لها جذور وتدية تنمو إلى أسفل وجذور تنفسية تنمو إلى أعلى سطح الأرض، تنتشر عليها عديسات كثيرة وظيفتها توصيل الهواء الجوي بالفراغات الهوائية التي تتخلل الجذور الوتدية فتستطيع الجذور أن تتنفس، وبهذه الطريقة استطاعت نباتات المانجروف المعيشة في هذه التربة رديئة التهوية.

* * *

الفصل الثاني

الصحاري والتصحر
Deserts and Desertification

- **نبذة عامة**

التعريف المتفق عليه للصحاري أنها المناطق القاحلة التي تقل كمية الأمطار السنوية التي تسقط عليها عن ٢٠٠مم، ومعدلات التبخر تفوق ذلك بكثير ومعدلات درجة الحرارة فيها مرتفعة. يصل متوسط المطر السنوي إلى ٤ مم فقط في بعض الصحاري شديدة الجفاف، بينما تصل معدلات التبخر اليومي إلى ١٠مم أي ٣٦٠٠مم سنويا؛ ويعود هذا قطعا لارتفاع درجة الحرارة. وتربة الصحراء غير حقيقية (أو غير ناضجة)؛ وذلك لقلة المواد العضوية بها وعدم تميز مقطعها الرأسي إلى طبقات تختلف كيميائيا وفيزيقيا، وينعكس ذلك على الغطاء النباتي المكون من نبت متناثر يندر وجود الشجار فيه، ومن ثم فإن الصحاري تتصف بوجود مناطق شاسعة عارية تماما من النباتات.

تمثل الصحاري التجمعات التي تظهر أكثر النظم البيئية جفافا، وتتميز بالتباين الحراري الكبير سواء يوميا أو فصليا؛ إذ ترتفع درجات الحرارة أثناء النهار أو الصيف ارتفاعا كبيرا وتنخفض في أثناء الليل أو في الشتاء.

- **أنواع الصحاري بالعالم**

الصحاري بصفة عامة نوعان: صحاري حارة (Hot Deserts)، وصحاري باردة (Cold Deserts).

(١) **الصحاري الحارة:** كصحاري المنطقة المدارية شاملة الصحاري الكبرى والصحراء العربية- لا يتضمن مناخها فصلا باردا، ويكون صيفها حارا وشتاؤها دافئا. وهناك

نوعان من الصحاري الحارة؛ أولهما: الصحاري الحارة القارية (Continental Deserts) البعيدة عن سواحل البحار والمحيطات، وتتصف بالتغييرات الشديدة في الحرارة اليومية مثل الصحراء الكبرى لشمال أفريقيا مارًّا بشبه الجزيرة العربية حتى الخليج العربي، وثانيهما: الصحاري الساحلية (Coastal Deserts) التي تتصف بالتغييرات المحدودة في درجة الحرارة، وتكون فيها الرطوبة النسبية أعلى من الصحاري القارية، مثل صحاري بيرو في جنوب أمريكا (انظر الشكل ٢).

(٢) **الصحاري الباردة**؛ مثل الحوض العظيم في الولايات المتحدة الأمريكية وصحاري غوبى في آسيا الممتدة شمال بحر قزوين، وهذه الصحاري تتميز بفصل بارد ينخفض فيه متوسط درجة الحرارة إلى ٥° أو ما دون ذلك، وترتفع درجات الحرارة في الصيف؛ إذ تصل متوسطاتها إلى ٣٠°م أو تزيد.

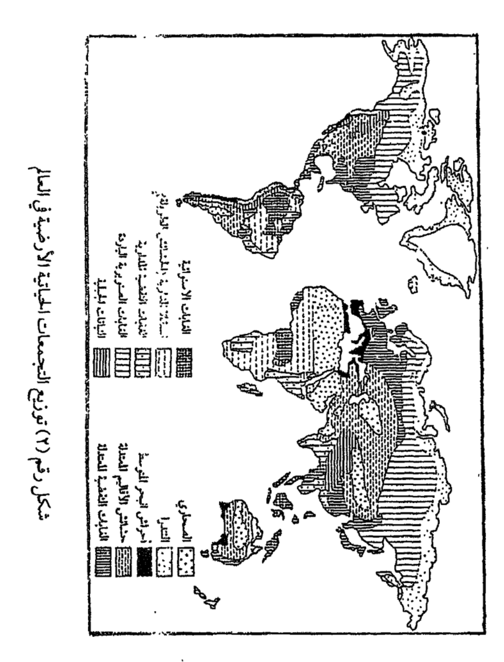
هناك تصنيف آخر للصحاري على أساس كمية المطر السنوية، حيث أمكن تمييزها إلى ثلاثة أنواع: الصحاري شديدة الجفاف، والجافة، وشبه الجافة.

أ- صحاري شديدة الجفاف Extreme Arid Deserts

وهي المناطق التي قد يمر عام أو أكثر دون أن يسقط عليها مطر، أي أن المطر ليس حدثا يتكرر سنويا، ومثال ذلك المناطق الوسطى من الصحراء الكبرى، والربع الخالي من شبه الجزيرة العربية، وصحاري آتاكاما في أمريكا الجنوبية، وصحاري تاكلاما في وسط آسيا. وتقدر مساحة هذه الصحاري بحوالي ٥،٨٥٠،٠٠٠كم٢ أي ما يعادل ٤،٤٪ من مساحة اليابسة.

ب- صحاري جافة Arid Deserts

وهي المناطق ذات الأمطار القليلة غير المنتظمة، والتي لا يتجاوز متوسطها السنوي ١٢٥مم؛ وتشغل هذه الصحاري حوالي ٢١،٥٠٠،٠٠٠ كم٢، أي ١٦،١٪ من مساحة اليابسة.



شكل رقم (٢) توزيع التجمعات النباتية الأرضية في العالم

ج - صحاري شبه جافة **Semi - Arid Deserts**

ويتراوح متوسط المطر السنوي فيها ما بين ١٥٢و ٢٥٠مم. وتشمل هذه الصحاري مساحة ٠٠٠ , ٠٠٠ , ٢١كم٢، أي: ٨ , ١٥٪ من مساحة اليابسة.

الصفات الفسيوجرافية والنباتية للصحاري

يتبين مما سبق أن المساحة الكلية للصحاري في العالم تبلغ حوالي ٠٠٠ , ٣٥٠ , ٤٨كم٢ أي ما يعادل ٣٦،٣٪ من المساحة الكلية لليابسة، وهذه التقديرات تعتمد على معدلات

المناخ فقط لكنه بالنظر في صفات الأراضي وخصائص الكساء النباتي - فإن مساحة الضحاري الكلية تصل إلى حوالي ٤٣٪ من مساحة اليابسة، ويمثل الفرق بين هذين التقديرين مساحة ما حوله الإنسان من أراض إلى صحراء (عملية التصحر)، وهذه تعادل ٩،١١٥،٠٠٠ كم٢، أي ما يعادل ٦،٠٧٪ من المساحة الكلية لليابسة، وهي غالبا مناطق شبه جافة ومناطق حشائش (steppe)، تتراوح كمية المطر السنوية فيها ما بين ٢٠٠-٣٥٠ مم، لكنها نتيجة لسوء الاستغلال والتدخل البشري غير المنتظم تحولت إلى صحراء.

والغطاء النباتي بالصحاري فقير بصفة عامة ويحتوي على نباتات صغيرة لا تزيد عن شجيرات أو تحت شجيرات- ونادرًا ما تكون هناك أشجار ضخمة- تكيفت لعوامل الجفاف بحيث زادت قدرتها على الاحتفاظ بالماء، بالإضافة إلى النباتات الحولية والموسمية وثنائية الحول التي تنمو بعد سقوط الأمطار. والصحاري شديدة الجفاف تكاد تكون جرداء في معظم مساحتها، أما في الصحاري الجافة فيقتصر وجود النباتات المعمرة على المناطق المنخفضة والمجاري المائية والوديان التي تتلقى ماء الانسياب السطحي بالإضافة إلى ماء المطر. ولا يقتصر وجود النباتات المعمرة في الصحاري شبه الجافة على أماكن معينة، فهي أراض يتيح مطرها ودرجة حرارة الجو بها - بخلاف الصحاري الجافة وشديدة الجفاف- زراعة أنواع معينة من المحاصيل، ويكون ذلك في الأماكن المنخفضة التي تتلقى موارد مائية أكثر من كمية المطر نتيجة للانسياب السطحي الذي يؤدي إلى تجمع قدر من الماء في هذه المنخفضات.

وتضم الصحاري الحارة كثيرا من الأنوع النباتية الجفافية؛ كالصبار والعجرم والسنط والإثل وغيرها، ويندر وجود حيوانات كبيرة في الصحاري على الرغم من وجود الغزلان وغيرها في الأراضي التي تسودها الشجيرات، أماالقوارض فهي أبرز أنواع الثدييات التي توجد بالصحاري إضافة على وجود الثعالب والسحالي والأفاعي، وعموما تتميز حيوانات البيئة الصحراوية بقدرتها على الركض والحفر والقفز.

والصحاري عبارة عن إقليم مناخي جيومورفولوجي ونباتي تكوّن بعد انتهاء العصر المطير(Alluvial Period) وحلول العصر الجاف (Dry Period) أي قبل حوالي ٥٠،٠٠٠ عام. ومن الأسباب التي تؤدي إلى تكوين الصحاري ما يلي:

(١) وقوع المنطقة في ظل الأمطار.

(٢) هبوط التيارات الهوائية الناتجة عن دوران الكرة الأرضية فوق منطقة خط الاستواء، وتأخذ الرطوبة من التيارات الهوائية الصاعدة من منطقة خط الاستواء.

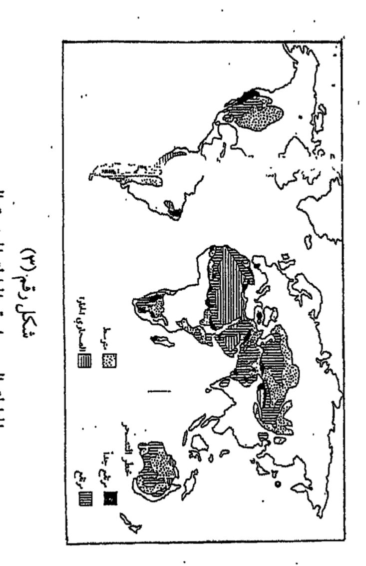
(٣) الأنشطة البشرية من قطع الغابات والرعي الجائر في المناطق الجافة.

وتمتاز الصحاري بارتفاع معدلات درجة الحرارة ومعدلات تركيز الأشعة فوق البنفسيجية أثناء النهار، وانخفاض درجات الحرارة أثناء الليل حيث يصل المدى الحراري اليومي خلال ٢٤ ساعة إلى حوالي ٥٠°م وأكثر في بعض المناطق، ويعود هذا إلى التربة الصحراوية التي تستقبل ٩٠٪ من كمية الإشعاع الشمسي أثناء النهار، وتفقد التربة طاقتها الحرارية أثناء الليل؛ لعدم توفر غطاء نباتي كثيف وسحب تمنع فقدان الحرارة. تعد مشكلة اختلاف معدلات درجات الحرارة هذه مع نقص كميات المياه من أهم العوامل المحددة للكائنات الحية التي تعيش في الصحراء، لذلك نجد أن نباتاتها وحيواناتها أنواع قليلة، مكونة شبكات وسلاسل غذائية بسيطة، وقد تطورت في الشكل الخارجي والتشريحي والفسيولوجي لتواجه الظروف الصحراوية المتطرفة.

التصحر Desertification

هو تغيير في العوامل البيئية الطبيعية لرقعة من الأرض يؤدي إلى نتائج سيئة تجعلها أقل ملاءمة للحياة، وهو كذلك تعبير عن امتداد العوامل البيئية الصحراوية إلى مساحات جديدة من الأراضي- لم تكن صحراء- بسبب تغيرات مناخية، أو تغيرات من صنع الإنسان، أو كليهما معا، وتشمل العوامل المناخية المؤدية للتصحر- التعرض لفترات من الجفاف الحاد قصير الأمد، وكذلك التعرض فترة طويلة لتغييرات مناخية في اتجاه زيادة الجفاف. أما التغيرات من صنع الإنسان فتشمل التغيير المصطنع للمناخ عن طريق إنقاص المسطحات الخضراء بإزالة الغطاء النباتي أو عن طريق الإسراف في الاستزراع إلى حد استنزاف موارد الماء الأرضي (السطحية منها والعميقة) في عمليات الري والصناعة والتعدين وما إلى ذلك.

إن مساحة الصحاري بالعالم، كما سبق ذكره، تصل إلى ما يعادل٣٦،٣٪ من مساحة اليابسة، ولكن نظرا لعمليات التصحر (زحف الصحراء) المستمر وخاصة في المناطق الجافة وشبه الجافة بالعالم، فهناك حوالي ٤٥ مليون كم٢ [حوالي ٣٠٪ من مساحة اليابسة] مهددة بزحف الصحراء (التصحر) بدرجات متفاوتة، وهذه الظاهرة مرتبطة أساسا بسوء استغلال الأراضي والمياه [انظر الشكل ٣].



شكل رقم (٣)
المناطق الصحراوية والمناطق المهددة بالتصحر

- الكثبان الرملية

تسبب الكثبان الرملية أخطارا كبيرة على حياة وسبل معيشة السكان في دول عربية كثيرة؛ إذ تستطيع العواصف الرملية خلال عام واحد أن تهدد صحة أفراد تلك الشعوب ورفاهيتهم، وقد استطاعت تلك الدول من خلال الجهد الدءوب عبر العقود الماضية أن تشيد صروحا من البنى الأساسية (شبكات الطرق والمواصلات وقنوات الري وغيرها)، وأسباب التنمية الزراعية والصناعية التي أصبحت تتهددها الآن العواصف الرملية مما يعرقل مجهودات التقدم المستقبلي.

ولاشك أن الحفاظ على البيئة وحماية نوعيتها من التدهور عن طريق ترشيد الأنشطة البشرية المختلفة، والتأكد من عدم تأثيرها سلبا عليها- هو الالتزام الرئيسي لهذا الجيل تجاه الأجيال القادمة. فالتصحر هو أحد الظواهر التي تعالج ضمن إطار البيئة، وسوف نتناوله تفصيلا فيما بعد. ولعل أخطر ما في التصحر(Desertification) من ظواهر- هو ظاهرة زحف الرمال (Sand Encroachment) فهي تزيد من تدهور الأمن الغذائي الذي يعاني منه العالم العربي، وتحرم الثروة الحيوانية من مناطق الرعي بسبب تدهور الغطاء النباتي والتربة، كما تقضي على مساحات كبيرة من التربة الزراعية التي تستخدم لزراعة الحبوب وغيرها . ويتمثل خطرها على التنمية الصناعية في غزو المنشآت الصناعية والبترولية، كما تهدد البنية الأساسية (التحتية)- كما سبق- توضيحه من طرق وسكك حديدية وشبكات مواصلات واتصالات، مما يتهدد الإنسان الذي يستخدم هذه الشبكات.

ونعرض فيما يلي لبعض الأمثلة التي توضح حجم المشكلة:

تسبب تحركات الرمال في المنطقة تهديدًا خطيرا لمشروعات التنمية في كافة دولها، ليس فقط لزيادة الاستهلاك(Wear and Tear) في المشروعات التي أقيمت بالجهد الخارق والتكلفة الباهظة مما يقلل من كفاءتها ، ولكن أيضا تخفيض الاستثمارات المنتظر أن تمول المشروعات المستقبلية.

- ففي العراق طمرت معظم قنوات نظم الصرف المهمة بين نهري دجلة والفرات، وكذلك شبكات الطرق عبر البلاد، وأيضًا المشروعات الزراعية والصناعية التي أقيمت بالنطقة .

كما ازدادت ضراوة الأضرار الناجمة عن عملية التصحر ذاتها؛ نتيجة الاستخدام غير الراشد للأراضي بواسطة الأهالي. وما لم تتخذ الإجراءات الفورية اللازمة لوضع حد لتلك المخاطر- فإن مساحة الأراضي الجافة وشبه الجافة في العراق سوف تزداد وهي تكاد تبلغ في الوقت الحاضر قرابة ٥٠٪ من إجمالي المساحة، مما يضيف أعباء جديدة على كاهل التنمية.

- وفي الكويت يعتمد اقتصاد الدولة على مصادر الثروة الطبيعية، ومع ذلك فقد

باتت مهددة تهديدا خطيرا بسفي الرمال. فقد أقامت الكويت عدة مشروعات صناعية ونظما منتشرة للبنى الأساسية والمشروعات الزراعية الممتدة في الصحراء مهددة بمخاطر فائقة فهي تهدد حقول البترول وما يرتبط بها من صناعات بالتوقف، وتسبب بطمرها لشبكات الطرق والحقول الزراعية- حوادث خطيرة على الطرق مما يؤدي إلى توقف عمليات الاستثمار في مثل تلك المشروعات، كما تهدد الكثير من مشروعات الدولة الإستراتيجية والحربية. وتؤدي أعمال المحاجر باستمرار إلى تهديد طبقة الرواسب الأرضية المفككة بفعل الرياح. ولهذا يجب التقدم للجهات المعنية بالنصائح العلمية والتقنية التي تكفل مواجهة المشكلة (حيث إن أعمال تلك المحاجر ضرورية لتوفير كافة احتياجات مواد البناء ولصناعة التشييد في الكويت).

- **وفي شبه الجزيرة العربية** تمثل أشجار السنط في الصحراء العربية مصدرا من مصادر الوقود كما أنها علف للمعاز والجمال، ولكن تحت وطأة الاستغلال الشديد لهذه الأشجار- فقد تدهورت الحياة النباتية وازداد انجراف التربة، وتحولت المناطق العامرة بالأشجار والأعشاب إلى صحاري محدودة الإنتاج .

كما أن المناطق الساحلية بالوطن العربي والتي كانت غنية بغابات المانجروف (الشورة) (Mangrove Forests) فقد اندثر هذا الغطاء النباتي الحيوي المهم في أغلب مناطقها بسبب القطع والرعي الجائرين.

ولقد كانت المحميات الطبيعية في الجزء الجنوبي الغربي لشبه الجزيرة (مرتفعات تهامة) قبل ظهور الإسلام في حالة ازدهار، حيث كان الرعي في حدود قوانين القبائل، ولكن تلك المحميات لم تعد تغطي احتياجات الحيوانات من أغنام وأبقار حاليا.

- **وفي الأردن** يسبب التصحر (Desert Encroachment) خسائر جسيمة في الأردن، حيث تتعرض الطرق الممتدة بينه وبين العراق، وسوريا، والمملكة العربية السعودية للعواصف الرملية التي تسبب حوادث خطيرة . فقد تتوقف المواصلات لعدة أيام وتتهدد المجتمعات البدوية القائمة بالصحراء، وهكذا تنتشر الصحراء وتمتد بمعدلات تدعو للانزعاج.

وقد نرى في وادي بطوم آثار أشجار البطوم (Pistacia atlantica)، وربما كانت تغطي المنطقة بكاملها في العصر الأموي، أما الآن فقد تدهورت الحياة النباتية وقلت الأشجار وزحفت الصحراء.

- وفي سوريا أخذ التصحر أبعادًا خطيرة؛ إذ تصل العواصف الرملية القادمة من الصحراء الشرقية إلى السواحل الغربية بالجمهورية السورية . ولا تقتصر الأضرار الناجمة عن تلك العواصف على إلحاق الشلل بشبكات الطرق والسكك الحديدية، ولكنها تدمر الأرض المنزرعة كذلك وتزيد من مشكلات التصحر الأخرى التي تواجهها سوريا.

- وفي مصر تتكرر القصة هنا بنفس شدتها حيث توجد في واحة سيوة شجيرات قليلة من نبات الحور (Populus euphraticus) الذي يذكر أنها أدخلت مصر وواحة سيوة مع حملة الإسكندر الأكبر(٣٠٠ق م)؛ لوقف زحف الرمال بالواحة، غير أنه نتيجة لسوء الاستغلال بالقطع الجائر فقد تدهورت ولم يبق منها سوى أعداد قليلة جدا.

كما كانت منطقة مريوط بالساحل الشمالي الغربي مزدهرة الحضارة منذ عهد الرومان زراعيا وصناعيا وبشريا، إلا أنها تحولت إلى مناطق صحراوية بدوية ترحالية أو شبه ترحالية.

وتغطي ترسيبات الرمال.حاليا ما يعادل ٤ أمثال حجم المعمور من أرض مصر عموما وأرضها الزراعية كذلك، وأغلب الكثبان في مصر من النوع المتحرك(الهلالي – البرخان) وتمتد في سلسلة طولها ٦٠٠كم(غرد أبو محرق بالصحراء الغربية الذي يتقدم بمعدل ١٥ م في السنة) وأغلب الظن أن مصدرها من منخفض القطارة في الشمال. وهي تهدد المشروعات الاستثمارية الضخمة المقامة في الوادي الجديد في جنوب غربي مصر، وتطمر السكك الحديدية (خط أسيوط/ الخارجة أصبح أثرا بعد عين) وتهدد الخط الحديدي الجديد: قنا– أبي طرطور، كما يتوالى طمرها للقرى، مثل قرية جناح (٣ مستويات حاليا)، والآبار ونظم الاتصالات والنقل والأراضي المستصلحة.

وتتراكم الرمال وتكثر الكثبان الداخلية في منطقة وسط سيناء وحول الفيوم، ووادي الريان، وفي دلتا وادي النيل شمال غربي القاهرة بين الخانكة وأبي زعبل.

كما توجد سلسلة من الكثبان الساحلية حول الإسكندرية شرقا في: البوصيلي، إدكو ، بلطيم، برج البرلس، ومن العريش حتى رفح، وغربا حتى العلمين وسيدي عبد الرحمن ورأس الحكمة بمحافظة مطروح.

ولا خطورة نسبيا من تلك الكثبان نظرا؛ لأنها ثابتة تقريبا ولا تتحرك في الأغلب، فقد

ثبتتها النباتات التي تنمو عليها سواء البرية منها أو «المستأنسة» .كأشجار وشجيرات الفاكهة والخضر التي يشرف الأهالي على زراعتها واستغلالها.

- وفي السودان كانت الأجزاء الشمالية عامرة بالغابات إلى وقت قريب في المنطقة الواقعة بين خطي عرض: ١٣، ١٥ شمالا، أما الآن فتعتبر هذه المنطقة من أكثر المناطق افتقارا للخشب حيث أزيلت الغابات لأغراض الزراعة، وقد تدهورت كذلك.

كما يشكل زحف الصحراء في إريتريا والصومال والحبشة وكل بلدان الساحل الشرقي والقرن الإفريقي- المشكلة الكبرى التي تهدد الحياة النباتية والحيوانية، ومن ثم الحياة البشرية ذاتها، ولعل أسوأ الأمثلة للزحف الصحراوي والتصحر عموما هو ما نراه في قارة أفريقيا، وإن كانت هناك أمثلة عديدة في معظم القارات الأخرى.

مقاومة التصحر Control of Desertification

(Desertification and /or Samd Encroachment)

يعتبر العمل من أجل إيقاف التصحر ثم تحويله إلى عكس اتجاهه الضار- أمرا بالغ الصعوبة إذا حدث في دولة فقيرة محدودة الموارد، بخلاف الدول الغنية التي تستطيع الاعتماد على التكنولوجيا الباهظة لمقاومة التصحر، بينما لا تستطيع الدول الفقيرة ذلك.

يأتي ترتيب الخطوات المتبعة في مقاومة التصحر- بعد التزام من بيدهم القرار السياسي والمالي- على النحو التالي: إجراء دراسة على حالة الغطاء النباتي في منطقة التصحر وكل العوامل الإحيائية والمناخية والتربية، يلي ذلك عمليات المقاومة في مساحات صغيرة مختارة، ثم يأتي دور تطوير التقنية على ضوء الدروس المستفادة من الممارسات الحقلية ونشر تعليم المقاومة ووضع برامج بحثية تطبيقية لها.

ومن الأمور المهمة التي تؤخذ في الاعتبار للحد من التصحر : تثبيت الكثبان الرملية واستزراع الأراضي الصحراوية الساحلية منها والداخلية. وفيما يلي تفصيل ذلك:

أولا : تثبيت الكثبان الرملية Stabilisation of Sand Dunes

تعتبر الدنمارك الدولة الوحيدة التي يتم فيها تثبيت الكثبان الرملية بقوة القانون، فقد تم تنظيم العملية بقانون صدر سنة ١٧٩٥، وتبعه عدة تعديلات، وكانت نتيجتها الحالية

غابات خضراء تسر الناظرين، وتؤكد على بعد نظر الأجيال الماضية في التصدي للمشكلة من جذورها.

وقد حذت الدول الأوروبية حذو الدنمارك في ذلك الأسلوب؛ إذ تقوم المزارع الأهلية والحكومية في السويد باتباع أسلوب الخبرة الدنماركية في غرس مصدات الريح وتثبيت ما قد ينشأ على أرضها من كثبان رملية، وإن كانت المشكلة في السويد أساسا هي مشكلة التعرية بفعل الرياح الشديدة- كذلك تقوم ألمانيا باتباع أساليب الدنمارك في تثبيت الكثبان الرملية التي تمتد بطول بعض الجزر الصغيرة المحاذية للساحل الغربي لشمال ألمانيا، وتتوفر بعض خبرات تثبيت الكثبان الرملية في الولايات المتحدة الأمريكية وبعض جمهوريات ما كان يعرف بالاتحاد السوفييتي فيما سبق.

وهناك طرق كثيرة لتثبيت الكثبان الرملية تنقسم إلى طرق مؤقتة وطرق دائمة. وإن كان العامل الأساسي الذي يحدد نجاحها هو مدى ما يكتنف الصحراء من جفاف.

(أ) الوسائل (الطرق) المؤقتة

وتمثل مرحلة مهمة عند تنفيذ برامج التثبيت الدائم، وتشمل تغطية سطح الرمال باستخدام الحصى والحجر وكسر الصخر، أو استخدام المواد المثبتة لسطح التربة كترطيبها بالمياه أو استخدام المواد الكيماوية لمقاومة عوامل التعرية، وتشمل نوعيات متعددة؛ كالبتيومين أو اليوليمرت ذات الأسماء التجارية المختلفة من إنتاج شركات مختلفة: (أسترالية، أمريكية ، ألمانية أو بلجيكية وغيرها) أو استخدام المستحلبات المطاطية أو ألياف السيليولوز الخشبي، أو مستحلبات ومنتجات البترول أو طبقة رقيقة من عجينة الأسمنت، إلا أنها جميعها طرق باهظة التكاليف علاوة على أنها لا تتيح التثبيت الدائم.

كما يمكن كذلك عمل مصدات (أسيجة) بالأعشاب الجافة، وفق أنظمة مدروسة وتشكيلات معينة غير مصمتة، تسمح بمرور الرمال السافية؛ حتى لا تطمرها في النهاية وتضيع الفائدة منها. كما يراعى في وضعها المعاونة في تغيير اتجاه الريح لحماية المنشآت التي قد تتعرض للردم.

(ب) الوسائل (الطرق) الدائمة

الطريقة الناجحة هي تنمية نباتات خاصة: (النباتات الرملية Psammophytes)؛ لتكسو الكثبان وتحميها من التنقل مع العمل على تثبيت مصادر الرمال، وربما كان هذا

ممكنا حيث يسقط المطر بوفرة نسبية في بعض الصحاري الساحلية شبه الجافة، أما في الصحاري القاربة شديدة الجفاف فالأمر صعب معقد ويلزم لحله الاعتماد على مصادر مائية مثل المياه الجوفية أو غيرها من موارد الماء.

تستعمل في بعض المناطق حواجز من أعواد النباتات الجافة وجذوع النخيل والسعف، وتكون هذه الحواجز على خطوط متعامدة؛ أي أنها تقسم سطح الكثيب إلى مربعات، وبعد إعداد الحواجز التي تثبت الرمال تثبيتا ميكانيكيا تزرع النباتات في وسط المربعات، وفي أغلب الأحيان يحتاج الأمر إلى ري هذه النباتات أو بعض التسميد على الأقل في المراحل المبكرة من نموها، وقد أثبتت هذه الطريقة فاعليتها في كثير من المناطق الساحلية مثل شمال أفريقيا، ووجد أن نبات الإثل (Tamarix) من أفضل الأنواع ملاءمة لهذه الطريقة.

أي أنه يتم استخدام النباتات المناسبة بيئيا والتدرج بزراعتها، للوصول في النهاية إلى الأشجار أو الشجيرات حسب الوضع البيئي (إيكولوجيا) القائم، والهدف الأساسي من هذه العملية هو المحافظة على الكساء الخضري واستعادته كجزء لا يتجزء من حماية الطبيعة.

وفي حالة استغلال منطقة الكثبان في أغراض سياحية أو ترفيهية ، فإنه يمكن أن يشمل برنامج التثبيت خطة لإعداد شبكة الطرق أو الممرات الخاصة بمرور الزوار أو سياراتهم بما لا يهدد عمليات التثبيت ويحافظ على البيئة.

ثانيًا: استزراع الأراضي الصحراوية Revegetaion of The Desert

تتنوع طرق استزراع الأراضي الصحراوية بتنوع مصادر المياه؛ فهناك ماء المطر (الزراعة الجافة) ومياه السيول والماء الأرضي، وفيما يلي وصف مختصر لطرق استزراع الأراضي الصحراوية:

١- الزراعة الجافة:

هي زراعة تعتمد على المطر وحده، وتقتصر على الصحاري شبه الجافة التي يسقط عليها مطر وفير نسبيا، ومن المحاصيل الناجحة: الشعير والبطيخ والزيتون والطماطم والتين والعنب.

٢- الزراعة التي تعتمد على توزيع مياه السيول:

يعد هذا النوع من الزراعة الصحراوية وجها مهمًا من أوجه الاستغلال الزراعي للبيئة الصحراوية ، وهو استقبال مياه السيول بإقامة السدود في طريقها؛ لحجزها وتوجيهها وتوزيعها على مساحات كبيرة من الأراضي المستوية، وهي طريقة متبعة في تحسين المراعي في كثير من الصحاري ، وكذلك في زراعة الوديان التي تقام السدود عليها.

٣- الزراعة التي تعتمد على المياه الجوفية:

ذكر الباحثون أن المياه الجوفية هي المياه التي تتجمع في الآبار الجوفية، والتي تتفاوت أعماقها من أمتار قليلة ومئات الأمتار، وهناك أيضا الآبار الضحلة. والمياه الجوفية بصفة عامة مستمدة في أكثر الأحوال من الأمطار التي تنفذ إلى باطن الأرض وتذيب في طريقها قدرا كبيرا من الأملاح التي توجد بالتربة قبل أن تصل إلى ماء الآبار، أي أن ماء الآبار يمثل محلولا ملحيًا تتوقف درجة تركيزه على كمية المطر، فيكون مخففا في السنوات ذات الأمطار الغزيرة ومركزا في السنوات الجافة.

إن الري بمياه الآبار يعني زيادة كميات الأملاح في محلول التربة، وهذا يؤدي إلى تدهورها، لذلك يجب الدأب على تحليل مياه الآبار باستمرار قبل استخدامها في الري، والتوقف عن استعمالها إذا زادت ملوحتها، وينصح باستخدام مياه الآبار لري الأشجار بالتنقيط، أي صب المياه في حفر حول جذوعها وبكميات قليلة، ويتطلب هذا اختيار نباتات جفافية ذات احتياجات مائية قليلة كأشجار الزيتون.

التصحر (فقدان خصوبة التربة الزراعية)

Desertification (Loss of Fertility in Arable Lands)

من الواضح الآن أن العاملين الرئيسيين للتصحر (Desert Encroachment) هما: الجفاف (كعامل مناخي طبيعي)، وبعض سلوكيات الإنسان وممارساته (كعامل بشري)، وهذان العاملان يشتركان سويًا في إحداث تأثيرات مباشرة تؤدي إلى نقص إنتاج النباتات الاقتصادية ونقص الكتلة الحية (Biomass) لمجموعة النباتات والحيوانات، كما تؤدي إلى زيادة المتاعب التي تعترض حياة الجنس البشري، وإذا اعتبرنا العوامل المناخية ظواهر طبيعية لا يمكن مقاومتها، فإن التأثير السيء للإنسان على البيئة يؤدي بدوره إلى التصحر، وذلك عن طريق هذين العاملين:

١- زيادة عدد السكان، وهذا يعني زيادة رءوس المواشي المطلوبة، ومن ثم زيادة الرقعة النباتية التي تحتاجها حيوانات الرعي للتغذية.

٢-عدم تنظيم الموارد الطبيعية المتجددة وسوء إدارتها واستغلالها، وذلك بالاستنفاد الجائر والمتعمد وغير المكترث لتلك الموارد، وأيضا تحميل الموارد أكثر من طاقتها تحت ضغط الحاجة إلى إعاشة الزيادة السكانية من البشر والحيوان، ومقابلة متطلبات الوقود في أوقات الجفاف.

وقد لوحظ أن التصحر يبدأ ببوار مساحات صغيرة متفرقة لا تلبث أن تلتحم معا مكونة رقعة واحدة كبيرة متصحرة إذا استمر الاستنزاف غير الراشد للموارد المائية، وهذا يعني أنه من المحتمل- حتى في ظروف الجفاف- لو سلمت البيئة من تدخل الإنسان غير الراشد ومن ممارساته الضارة أن تقل كثيرا الأضرار التي تصيبها.

ويعود الحديث عن التصحر بمعناه المعتاد إلى الستينيات من هذا القرن عندما اجتاحت موجة الجفاف الدول الأفريقية في منطقة الساحل جنوبي الصحراء الكبرى وشمالها، حيث أصابت دولا كثيرة مثل: موريتانيا، والسنغال ، ومالي، وبوركينا فاسو، والنيجر، وتشاد ، والسودان، والصومال، وإثيوبيا، وكينيا ، وتنزانيا. وعقدت الأمم المتحدة مؤتمرا عالميًا خاصا لمناقشة قضايا التصحر وطرق علاجها في سنة ١٩٧٧، ووضع برنامج لعلاج المشكلة يقوم برنامج الأمم المتحدة للبيئة على تنفيذه.

وتأتي أهمية مكافحة التصحر بمصر من تعدد الأسباب التي تؤدي إليه، فليس المقصود في هذا المجال هو التصحر بمعناه التقليدي: أي فقدان إنتاجية الأراضي نتيجة تغير المناخ أو سفي الرمال أو تدهور الأراضي الزراعية نتيجة الرعي الجائر أو الزراعة المكثفة- إنما تعني به كما هو واضح من العنوان هو فقدان خصوبة الأراضي الزراعية نتيجة عدة عوامل نذكر من بينها:

١- التوسع الحضري (التغول العمراني) على الأراضي الزراعية القديمة بالدلتا والوادي.

٢- تدهور الأراضي الزراعية المروية نتيجة واحد أو أكثر من الظواهر التالية:

(أ) تجريف الطبقة السطحية من التربة الزراعية لاستخدامها في صناعة الطوب.

(ب) تملح التربة وقلويتها وسوء الصرف.

(ج) الانجراف بالرياح وسفلي الرمال.

(د) الانجراف بالمياه.

فقد قام فريق بحثي متخصص من الهيئة القومية للاستشعار من البعد وعلوم الفضاء- ببحث ودراسة هذه العوامل في إطار اتفاقية تعاون بين أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا والبرنامج الإنمائي للأمم المتحدة، ومكتب تنسيق إغاثة الكوارث (الأندرو ويطلق عليه حاليا اسم إدارة الشئون الإنسانية بجنيف)؛ لتنفيذ برنامج قومي لدعم القدرات الوطنية لمواجهة الكوارث وإدارتها في مصر في الفترة من (١٩٨٨-١٩٩٢).

وتجدر الإشارة إلى أن التغول العمراني على الأراضي الزراعية وتجريف الطبقة السطحية من التربة الزراعية ظاهرتان في منتهى الخطورة؛ حيث إنهما عمليتان ينتج عنهما فقدان نهائي ولا رجعة فيه لخصوبة التربة ولا يعوضها استصلاح أراض صحراوية؛ حيث إنها تستغرق وقتا طويلا ومصاريف باهظة لتصل إلى الحدية الإنتاجية المماثلة للأراضي الخصبة القديمة، (الأراضي السوداء التي ترسبت عبر السنين من طبقات الطمي) وهي ليست قاصرة على الحضر دون الريف أو على محافظة دون الأخرى بل باتت مشكلة قومية تستوجب التصدي لها بحسم.

وبالفعل فإنه يتم في الوقت الحاضر التشدد في تطبيق قوانين التخطيط العمراني ومنع التعدي على الأرض الزراعية بالبناء أو التجريف، بتشجيع استعمال بدائل طمي النيل لصناعة طوب البناء، والتوسع في إنشاء المجتمعات العمرانية الحديثة ذات الأنشطة المتكاملة في المناطق الصحراوية التي تلائم الموقع ذاته، والموارد الطبيعية المتاحة فيه لجذب السكان إليها وتخفيف الكثافة السكانية في الوادي.

ولعل تملح التربة وقلويتها وسوء الصرف من أبرز الظروف التي تؤدي إلى التصحر، فكلها مرتبطة ببعضها البعض، وقد تبين من الدراسة التفصيلية لهذا الموضوع وما يحيط به من عوامل مختلفة أن حجم مياه الصرف المتاحة وتراكيزات الأملاح فيها تحتم اللجوء إلى إعادة استخدامها في الري لتغطية العجز في الموارد المائية لاستصلاح المزيد من الأراضي الصحراوية، أخذا في الاعتبار كافة المحددات والمحاذير المصاحبة لهذا الموضوع.

أما من حيث الانجراف بالرياح وسفي الرمال، فلعله من المفيد أن نشير هنا إلى أن إجمالي ما أوضحته الدراسة أن الرمال السافية والكثبان الرملية تغطي في مصر مساحات كبيرة تبلغ قرابة ١٦٦٠٠٠كم٢ موزعة على النحو التالي:

٤٠٠٠كم٢ في سيناء، ٥٠٠٠كم٢ في الساحل الشمالي الغربي، ١٥٠٠٠كم٢ شرقي الدلتا، ٣٠٠٠كم٢ غربي الدلتا ووادي النطرون، ٣٠٠٠ كم٢ بالفيوم ووادي الريان، ١٠٠٠٠ كم٢ بمنخفض القطارة وسيوه، ٤٥٠٠كم٢ بالواحات الغربية، ١٣٥٠٠٠ كم٢ ببحر الرمال الأعظم.

وقد عرضنا من قبل إلى أهمية التثبيت في بعض المواقع؛ لدرء خطر ترسيب الرمال وطمي الأراضي الزراعية في الدلتا والوادي والواحات، بالإضافة للمنشآت الاقتصادية والبنية الأساسية في تلك المناطق.

أما فيما يتعلق بالانجراف بالمياه فيعتمد ذلك على الظروف المناخية كسقوط الأمطار وكثافتها وفترات سقوطها وشدة سريان الماء بعد تجمعه، ويعتمد ذلك بدوره على الظروف الجيومورفولوجية للسطح الذي تسقط عليه من حيث تضاريسه ودرجات ميوله ومساحته.

وحيث قد وقى الله مصر غوائل الفيضان بعد بناء السد العالي والتخزين القرني لمياه النيل ببحيرة ناصر، فقد عهدت الأكاديمية إلى فريق بحثي آخر من جهات علمية وبحثية متعددة ليدرس مخاطر السيول في إطار مشروع دعم القدرات الوطنية لمواجهة الكوارث وإدارتها في مصر.

تسبب السيول أضرارًا اجتماعية واقتصادية بالغة من تشريد آلاف الأسر لانهيار منازلهم، وغرق وفقد الكثيرين من الأفراد، ونفوق الماشية، وتوقف السفر والاتصال بين المراكز الحيوية؛ بسبب تدمير الطرق وانهيار وسائل الاتصالات، وانجراف التربة الزراعية بما عليها من زراعات، والتهديد المستمر لبعض المناطق العمرانية والصناعية المهمة، فضلا عن توقف الإنتاج في بعض مواقع العمل.

فالبرغم من أن مصر تقع في المنطقة التي يقل فيها سقوط الأمطار، إلا أنه أحيانا تسقط أمطار غزيرة على أنحاء متفرقة من البلاد، ولكن التضاريس المتباينة ووجود الوديان،

وهي أنهار قديمة ذات روافد تتجمع إليها المياه، وتؤدي إلى تكوين سيول- تشكل خطورة عالية على المناطق السكانية والصناعية، وعلى الثروة الزراعية والحيوانية، والتي على الرغم من خطورتها إلا أنه يمكن الاستفادة منها بإنشاء السدود والخزانات في مناطق معينة (Water Harvestiong)؛ للاستفادة من مياهها في الزراعة وغيرها من المشروعات المنتجة التي تساعد على إعادة توزيع الكثافة السكانية نحو المناطق الصحراوية، ومثال ذلك: سد الروافعة جنوبي العريش.

ويعتبر الجريان السيلي والأخطار والمشاكل البيئية التي تصحبه- من التحديات التي يواجهها الإنسان عادة في المناطق الصحراوية، وعلى سبيل المثال: سيل وادي العريش سنة ١٩٧٥، ووادي وتير سنة ١٩٨٧، الذي اجتاح منطقة نويبع، وكذلك سيول مدن قنا وإدفو وأسوان في الأعوام ١٩٧٥، ١٩٧٩، ١٩٨٠، وكذلك بمناطق الصف وحلوان والإسماعيلية والسويس أعوام ١٩٨١، ١٩٨٢، ١٩٨٧ أدت كلها إلى خسائر مادية وبشرية كبيرة.

ولقد درس الفريق البحثي أحواض الصرف الأساسية بشبه جزيرة سيناء وهي: أحواض خليج السويس ١٤٩٠٠كم٢، وخليج العقبة ١٢٥٠٠كم٢، وخليج العقبة ١٢٥٠٠كم٢، ووادي العريش ١٩٥٠٠كم٢، وقام بدراسة استطلاعية ميدانية في سيناء لوضع التوصيات واقتراح الأعمال المطلوبة لتجنب مخاطر السيول أو التخفيف من آثارها مستقبلا في سيناء.

وانتقل الفريق بعد ذلك لدراسة أحواض صرف الأودية التي تتعرض للسيول في الصحراء الشرقية التي قسمت إلى أربع مناطق هي: مدينة القاهرة حتى أسيوط، ثم أسيوط حتى إدفو، وإدفو حتى بحيرة ناصر، وأخيرًا منطقة البحر الأحمر، وتعاني هذه المنطقة من نقص واضح في الدراسات والبيانات الخاصة باستغلال مياه تلك السيول في جوانب نافعة.

أما بالنسبة للصحراء الغربية فقد قسمت إلى قسمين فقط هما: أحواض الصرف الخارجي، وأحواض الصرف الداخلي، حيث تصرف الوديان في الحالة الأولى؛ إما للبحر الأبيض المتوسط شمالا أو شرقا في نهر النيل، أما وديان الصرف الداخلي فتصب مياهها

بمجموعة الواحات والمنخفضات الشمالية والوسطى والجنوبية، وليس من بينها ما هو ذو بال إلا الأحواض الشمالية فقط.

* * *

الفصل الثالث

دور النباتات البرية في تنمية البيئة الصحراوية

Role Of The Wild Plants In Desert Development

- **تمهيد:**

وجه إليَّ أحد الطلبة أثناء إحدى محاضراتي لعلم البيئة النباتية سؤالا يطلب فيه توضيح ما جاء في الآية القرآنية الكريمة على لسان سيدنا إبراهيم عليه وعلى نبينا الصلاة والسلام بسم الله الرحمن الرحيم: ﴿ رَّبَّنَآ إِنِّيٓ أَسۡكَنتُ مِن ذُرِّيَّتِي بِوَادٍ غَيۡرِ ذِي زَرۡعٍ عِندَ بَيۡتِكَ ٱلۡمُحَرَّمِ ﴾ [إبراهيم:٣٧] ولماذا ذكر الله تعالى: ﴿ بِوَادٍ غَيۡرِ ذِي زَرۡعٍ ﴾[إبراهيم:٣٧]؟ ولم يذكر بواد غير ذي نبات.

سعدت كثيرا بهذا السؤال لأنه أتاح لي الفرصة لأوضح للطلبة جميعا علاقة هذه الآية الكريمة بعلم البيئة النباتية، وكان جوابي كالآتي: إن الوادي غير ذي زرع هو مكة المكرمة؛ حيث لم تكن تزرع فيها أي نوع من أنواع الزراعات المعروفة، والتي يقوم الإنسان باختيار نباتاتها وزراعتها هو وأسرته وعشيرته، ولذلك فكلمة زرع محدودة المعنى، وليست ككلمة نبات ذات المعنى الأوسع والأشمل؛ لأنها تطلق على جميع أنواع النباتات المنزرعة وغير المنزرعة النامية طبيعيا، وهذا يدل دلالة قاطعة وأكيدة على دقة التعبير في لغة القرآن الكريم الذي أشار إلى عدم وجود نباتات منزرعة في وديان مكة حينئذ، ولم ينف في الوقت ذاته وجود النباتات البرية الأخرى التي لادخل للإنسان في وجودها على الإطلاق، بل إن نموها وتكاثرها هو بفعل العوامل البيئية السائدة، وهذا يعني أن الكساء النباتي للأرض متميز إلى نوعين أساسين:

الأول: هو الكساء النباتي البري (الطبيعي **Natural Vegetation**) أي الذي يتكون من النباتات البرية فقط والذي لا دخل للإنسان في وجوده، مثل: الغابات وأرض الحشائش والبراري والصحاري والتندرا... إلخ.

والثاني: الكساء النباتي الصناعي (الزراعي Arteficial Vegetation) الـذي يكـون للإنسان الدور الأكبر في وجوده لأنه تـدخل بطريقـة مبـاشرة في اختيـار أنـواع النباتـات المنزرعة مثل المحاصيل وأشجار الفواكه والخضر.

وكما نعلم ، فإن كل النباتات المنزرعة كانت برية، وقام الإنسان باستئناسـها والتعـرف على أهميتها له ولمعيشته للمأكل والملبس، وغذاء لحيواناته ولمسكنه إلخ، وهذه يعني أنه لا زال هناك الكثير من النباتات البرية التي لم يتعرف الإنسان بعد عـلى أهميتهـا بالنـسبة لـه، ومن هذا المنطلق اتجه تفكير علماء البيئة النباتية وخاصة في المناطق الجافة بالعلم إلى دراسة النباتات الجفافية والملحية النامية بالصحاري، مـن كـل النـواحي البيئيـة والفـسيولوجية والكيميائية والزراعية والصناعية؛ وذلك لاختيـار بعـضها التـي يمكـن أن تعـيش تحـت ظروف الجفاف أو الملوحة أو كليهما، وإدخال زراعتها في المنـاطق الـصحراوية الـساحلية والقارية مع ريها بالمياه المتاحة بالمنطقة، سواء أكانت أمطارا أو سيولا مختزنـة في خزانـات بواسطة السدود القائمة في الوديـان الـصحراوية، أومياهـا جوفيـة مـن الآبـار والغيـون، وبذلك يمكن أن تكون هذه الطريقة من الطرق العلمية السليمة لمقاومة التصحر.

- النباتات البرية : ثروة طبيعية متجددة بالعالم العربي

The Wild Plants: A Renewable Natural Resource in The Arab World

يتميز العالم العربي الذي يقع الجزء الأكبر منه بالمنطقة الجافـة وشـبه الجافـة مـن العـالم (Arid and Semi-Arid Regions) بالكثير من النظم البيئية الصحراوية، مثل: الوديـان والجبـال والـسهول والهـضاب والـصحاري الحـصوية والمـستنقعات المحليـة والـسهول الساحلية ومستنقعات المانجروف إلخ، وكل من هذه النظم البيئية Ecosystems يتـصف بغطائه الخضري الذي يتكون من نباتات تتصف بصفات شكلية وتشريحية وفـسيولوجية تمكنها من النمو والتكاثر تحت الظروف البيئية السائدة في كل نظام بيئي، و . قام كثـيرون من علماء البيئة العرب والأجانب بدراسـة الغطـاء النبـاتي الطبيعـي لتلـك الـنظم البيئيـة بالوطن العربي، وتمكنوا في بعض البلدان من رسم الخرائط النباتية الكاملة لغطائها النباتي، ولا تزال تستكمل هذه الدراسات في بعض البلدان الأخرى، ونأمل أن نـرى في المـستقبل القريب خريطة نباتية شاملة للوطن العربي. إنها حقا أمنية غالية نأمل أن تتحقـق بتكـاتف وتعاضد كل العاملين العرب في هـذا المجـال، ولكـن ربـما يـسأل سـائل مـا فائـدة هـذه

الدراسات وتلك الخرائط؟ ولماذا تدرس هذه النباتات البرية التي لا يرى الإنسان البعيد عن هذا المجال أي فائدة ترجى منها؟

والإجابة عن هذا السؤال: أن الله سبحانه وتعالى لم يخلق أي شيء، ومنها النباتات البرية عبثا، بل لفائدة البشرية، وقد ترك سبحانه وتعالى للإنسان الحرية في البحث والدراسة؛ ليستدل على سر خلقها، ويعرف طرق معيشتها وتأقلمها لبيئتها، ويتعرف على صفاتها وتركيبها ومنتجاتها من الثمار والبذور ومحتوياتها من الألياف والزيوت وغيرها، وحينئذ سيعرف كيف يستفيد منها ويدخلها ضمن زراعاته التقليدية المعروفة، وتصبح نباتات إقتصادية، وحدث هذا بالفعل من الإنسان الأول منذ قديم الأزمنة، حيث اهتدى بفطرته إلى فوائد أنواع كثيرة من تلك النباتات البرية واستأنسها واستكثرها واستغلها لصالحه، وهي تمثل حاليا كل النباتات المنزرعة من محاصيل حبوب وخضر وفاكهة، ومن ثم فإن النباتات البرية التي نراها بالصحاري والسواحل والجبال والوديان... إلخ لابد وأن تكون لها فائدتها الاقتصادية للإنسان.

إنها حقا ثروة طبيعية متجددة لا تنتهي أبدا إلا بإنهاء الحياة على الكرة الأرضية؛ ولابد من التعرف على تلك الثروة بالعالم العربي؛ لنتمكن من الاستفادة منها، ولن يتأتى ذلك إلا بعد إجراء الدراسات والبحوث البيئية للغطاء النباتي الطبيعي التي ستؤدي إلى رسم الخرائط النباتية الشاملة للوطن العربي. وتعتبر هذه الأساس العلمي الذي يستدل به على نوعية الغطاء النباتي الطبيعي وتحديد الطرق العلمية الصحيحة للمحافظة عليه واستغلاله استغلالا راشدا وتطويره، والتوسع في استزراع النباتات التي تثبت أهميتها الاقتصادية.

- النباتات البرية بالعالم العربي بصفة عامة إما أن تكون جفافية (Xerophytes)، أي تلك التي تتحمل النقص الشديد في المياه والحرارة العالية، أوملحية (Halophytes)، أي تلك التي تعيش في تربة تحتوي على نسبة عالية من الملوحة، وهناك كذلك النباتات الجبلية التي تعيش على الجبال العالية، حيث البرودة الشديدة، والنباتات المائية (Halophytes)، التي تعيش في المياه العذبة أو المالحة؛ طافية أو مغمورة أو مغموسة، ولكل من هذه النباتات صفاتها المميزة والتي تتأقلم بها على الظروف البيئية السائدة، وقد قسمت هذه النباتات تبعا لفائدتها الاقتصادية إلى أربعة أنواع كما يلي:

١- نباتات ألياف **Fiber Plants**

تدخل في صناعة: الورق، الحرير الصناعي، الحبال، إلخ. مثال:

Juncus rigidus, J. acutus, Thumelaea hirsuta, Imperata cylindrica, Calotropis procera etc.

٢- نباتات طبية **Medicinal Plants**

تدخل في صناعة الأدوية ، مثل:

Hyoscyamus muticus, Peganum harmala, Solanum incanum, Pituranthus tortuosus,Achillae fragrantissima, Argemone mexicana etc.

٣- نباتات مراعي **Range Plants**

تصلح لرعي الماشية ، مثل:

Panicum turgidum, Kochia indica, Pennisetum dichotomum, Vicia sativa, Malva parviflora, Trigonella stellata etc.

٤- نباتات أخشاب ووقود **Wood and Fuel Plants**

تصلح لصناعة الأخشاب، كما تستخدم كوقود، مثل:

Acacia raddiana, A.tortilis,Balanites aegyptiaca, Maerua crassiolis etc.

إن ظاهرة التصحر بالعالم- بصفة عامة-، والبلاد العربية بصفة خاصة، أصبحت من المشكلات المهمة التي تقلق حكومات تلك البلاد، وليس أمامهم إلا الاهتمام بالثروات الطبيعية النباتية، ولقد عقدت الكثير من المؤتمرات والندوات العلمية الدولية والمحلية، وألقيت فيها الكثير من البحوث والدراسات عن النباتات البرية بالمناطق الجافة وشبه الجافة بالعالم، نذكر منها على سبيل المثال- لا الحصر-: مؤتمر جامعة تكساس التقنية بأمريكا (Texas Tech University) خلال عامي ١٩٧٦- ١٩٧٨م، ومؤتمر علوم النبات بمصر عام ١٩٨٢م، ومؤتمرات المراعي الطبيعية بأستراليا أعوام ١٩٨٠-١٩٨١م والندوتان الدوليتان عن نباتات الشورة، عقدت الأولى في هونولولو بجزر هاوي عام ١٩٧٤م، وعقدت الأخرى في جزيرة بابوا غينيا الجديدة عام ١٩٨١م، والمؤتمر الدولي الخامس للاستشعار عن بعد بالقاهرة عام ١٩٨٢م، وغيرها، وفي كل هذه المؤتمرات والندوات كان المحور السياسي هو كيفية الاستفادة من النباتات البرية، والتوسع في

استزراعها كثروة طبيعية متجددة، وذلك باستخدام الموارد الطبيعية المتاحة في كل بلد، وسيؤدي هذا إلى أن تعتمد تلك البلاد على مواردها الطبيعية من مياه ونباتات في تسيير أمور حياتها.

- أمثلة لبعض النباتات الملحية ذات الاحتمالات الزراعية والصناعية

Examples of Some Halophytes of Agro-Industrial Potentialities

- تمهيد:

تشغل الأراضي الصحراوية والمستنقعات المالحة جزءا كبيرا من جملة مساحة الأراضي في البلاد العربية، حيث تنمو أنواع كثيرة من النباتات البرية المعمرة ذات قوة التحمل العالية للجفاف أو الملوحة بالتربة، وكذلك يمكنها أن تعيش تحت ظروف جوية متطرفة، ويتمركز نمو هذه النباتات في مجاري مياه الأمطار«الوديان»، وفي الواحات والمنخفضات، حيث المياه الجوفية قريبة من سطح الأرض، وبالمستنقعات المالحة الساحلية والداخلية، وعلى سفوح الجبال، وكل نوع من هذه النباتات له مواصفات مورفولوجية،وتشريحية، وفسيولوجية خاصة تمكنه من تحمل ظروف البيئة المحيطة به.

- النباتات الملحية

هي تلك الأنواع النباتية التي تتصف بصفات فسيولوجية وتشريحية ومورفولوجية تمكنها من النمو والتكاثر والقيام بكل الوظائف الحيوية في أرض تحتوي على نسبة عالية من الملوحة، لا يمكن لأي أنواع أخرى غيرها من النباتات النمو فيها، وربما بالإضافة إلى ملوحة التربة العالية تكون الظروف الحيوية السائدة متطرفة، مثل: ارتفاع درجات الحرارة والبخر وانخفاض كميات الأمطار والرطوبة الجوية، كما هو الحال في كثير من البلاد العربية، ومن ثم فإن النباتات التي يمكنها التكيف مع هذه الظروف البيئية القاسية لابد وأن يكون لها دورها المهم في تطوير تلك البيئة إذا تمت دراستها من النواحي البيئية والزراعية والصناعية ...إلخ، وبناء عليه فقد اتجه تفكير المؤلف لدراسة بعض هذه النباتات الملحية؛ لاستئناسها وإدخال زراعتها تحت ظروف الملوحة بالتربة والجفاف بالجو في الأراضي الملحية الشاسعة بالعالم العربي، بل وفي دول العالم الثالث التي تقع في نطاق المنطقة الجافة وشبه الجافة من العالم، والتي تحتاج لاستغلال كل مواردها الطبيعية استغلالًا راشدا وعلى الوجه الأكمل.

وكما هو معروف فإن الأراضي الملحية بصفة عامة؛ إما أن تكون ساحلية تكونت نتيجة تأثير مياه البحار والمحيطات وبعض البحيرات الطبيعية، مثل بحيرات مصر الشمالية، أوأراض ملحية داخلية بعيدة عن تأثير البحار، ولكن تكوينها نتج عن تأثير المياه الجوفية، مثل ما يوجد بالواحات والمنخفضات بالصحاري العربية.

- **النباتات التي تمت دراستها:**

ستتحدث في هذا المقام عن ثلاثة أنواع من النباتات الملحية التي ثبتت أهميتها الاقتصادية، ويقترح إدخال زراعتها في الأراضي الملحية؛ لتصبح محاصيل غير تقليدية تعمل على تنمية البيئة المالحة في العالم العربي.

وهذه النباتات هي:

١- نباتات السمار المر كمادة أولية لصناعة الورق الجيد.

٢- نباتات الكوخيا كعلف للحيوانات.

٣- نباتات الشورة لتنمية البيئة الساحلية.

- نباتات السمار المر وصناعة الورق

Juncus Plants and Paper Industry

لم تكن نباتات الألياف البرية موضع اهتمام سوى عدد قليل من الباحثين بمصر والبلاد العربية الأخرى، الذين أجروا دراساتهم المحدودة على ألياف بعض نباتات الفصيلة العشارية والنجيلية، واستخدم بعضها، مثل الحجنة في صناعة الورق بالجزائر على نطاق محدود.

تتميز كل نباتات الألياف التي تمت دراستها بألياف قصيرة، لذا فإن أهميتها الاقتصادية كبيرة؛ إذ لابد من أن يخلط لبها بلب الخشب لإنتاج الورق، وهذا يعني أن تظل المصانع بالبلاد العربية أسيرة استيراد لب الخشب من البلاد المصدرة، وهذا ما يجب أن يوضع في الاعتبار خاصة بعد أن حذر علماء البيئة في جميع أنحاء العالم من مشكلة التصحر التي تزداد حدتها بقطع أشجار الغابات لصناعة الورق وخلافه.

وبالطبع فإن البلاد المصدرة للأخشاب ستصل حتما إلى درجة لا تستطيع عندها تغطية حاجة كل البلدان التي تستورد منها لب الأخشاب لصناعة الورق، التي تتزايد تزايدا كبيرا مع تطور العلم والمدنية وازدياد الحاجة لأنواع الورق المختلفة، لذا فإنه بالنسبة للدول العربية (وكلها مستوردة إما للورق أو للبه)- يجب أن نتحدث عن بديل محلي يغطي جزء كبيرا من احتياجاتها لصناعة الورق، وهذا لن يتأتى إلا بالبحث عن ثرواتها الطبيعية من النباتات البرية بالصحاري والمستنقعات المالحة والجبال.. إلخ، والتي تحتوي على عدد كبير من نباتات الألياف يمكن الاستفادة منها كمادة أولية محلية في صناعة الورق والحرير الصناعي وغير ذلك، إذا كانت كمياتها النامية بريا كافية لتغطية حاجة البلاد، أو إجراء الدراسات للتوسع في زراعتها تحت ظروف بيئية مماثلة لتلك التي تنمو عليها وتسودها، وهذا يعني أن تستغل ثرواتنا النباتية استغلالا راشدا.

واسترشادا بما سبق، قام المؤلف بدراسات حقلية وبحوث معملية وصناعية على نبات السمار المر، نوعي: Juncus rigidus & Juncus acutus؛ وذلك بغرض استخدامه كمادة أولية في صناعة الورق. ونبات السمار المر الذي يطلق عليه أسماء مختلفة في البلاد العربية، مثل: سمار حصر، قش الحصر، باير، السمراء الكولون، ديس ، سخونوس، الأسل، البوط،..إلخ- هو أحد نباتات المستنقعات المالحة، ويتميز بقوة تحمل عالية للملوحة بالتربة، وله سوق أرضية «ريزومات» تتعمق في باطن الأرض إلى حوالي ٢٠سم، وأفقيا إلى مسافات طويلة، ويعطي كل برعم من الريزومة سوقا هوائية خضراء لها الصفات التشريحية للأوراق، لذا يطلق عليها السوق الورقية التي تصل أطوالها إلى أكثر من ١٥٠سم، والتي تحتوي على نسبة عالية من الألياف وهذا هو الجزء الذي يستخدم في صناعة الورق، وقد أثبتت الدراسات البيئية أن هذا النبات ينتشر في معظم البلاد العربية: (سوريا، العراق، السعودية، اليمن ، مصر، السودان، ليبيا، الجزائر، المغرب..إلخ)، وأوضحت الدراسات التشريحية أن أطول ألياف السوق الورقية تتراوح ما بين ١٫٠٥ - ٢٫٠٤م (مترا)، وهذا عامل مشجع ودلالة مهمة على إمكانية إنتاج لب الورق منها، وبالفعل أجريت التحاليل الكيميائية في معامل مصنع شركة الورق الأهلية بالإسكندرية بمصر، وكانت النتائج مشجعة حيث وجد أن السوق الورقية لنبات السمار المر تحتوي على نسبة عالية نسبيا من السليلوز ٣٩٫٧٪ ونسبة قليلة نسبيا من اللجنين ١٣٫٥٪.

ونظرا لأنه كلما ارتفعت نسبة السليلوز وانخفضت نسبة اللجنين- كان لب الورق

الناتج ذو صفات جيدة ، فقد أجريت في نفس المصنع المذكور تجارب نصف صناعية باستخدام طن واحد من نبات السمار دون خلطه بلب الخشب المستورد، وأنتج ورقا جيدا له مواصفات فيزيقية وكيميائية عالية.

وبناء على هذه النتائج يرجى توفير كميات كافية اقتصادية من نبات السمار المر حتى تتمكن المصانع بالدول العربية من إحلاله كمادة أولية لإنتاج الورق الجيد، بدلا من استيراد لب الورق من الخارج، أو على الأقل الاستغناء عن جزء كبير مما نستورده، ويتأتى ذلك؛ إما بالاعتماد على الإنتاج الخضري من السمار المر من عشيرته النامية بريا بالمستنقعات المالحة في العالم العربي، أو بإجراء دراسات حقلية للتوسع في زراعته في أراض مالحة لا تصلح للزراعات التقليدية أو بأرض رملية مروية بمياه البحار أو المياه الجوفية المالحة مباشرة.

وحيث إن المساحات التي تغطيها عشيرة السمار المر بالعالم العربي ليست كبيرة، وكثير منها بعيد عن مراكز صناعة الورق، لذا فإن استغلال الكميات النامية منها بريا لن تكون اقتصادية، ومن ثم ونظرا للفائدة الاقتصادية والقومية المرتقبة لهذا النبات في صناعة الورق، فقد قام المؤلف بالإشراف على الدراسات والتجارب الحقلية لإمكانية التوسع في زراعته في أراض مالحة قريبة من مناطق التصنيع، على نوعي السمار المر: ريجيدأس وأكيوتاس، باستخدام ريزوماتها التي جمعت من مناطق نموها الطبيعي، ونقلت إلى منطقة التجارب في الأراضي المالحة المتاخمة لبحيرة المنزلة في دلتا النيل بمصر، وكانت النباتات تروى بمياه مأخوذة من نهاية فرع دمياط لنهر النيل ، تحتوي على نسبة من الأملاح حوالي ٤٠٠ جزء من المليون، وقد تم تسميد الجيل الجديد من نباتات السمار المر بمعاملات مختلفة من أسمدة النترات والفوسفات بمفردها أو في خليط؛ لمعرفة مدى تأثير هذه الأسمدة على كميات المحصول الخضري للسوق الورقية (التي تستخدم مباشرة في صناعة الورق) وكذلك على أطوال أليافها ومحتواها من السليلوز واللجنين والبنتوزان...إلخ.

أثبتت نتائج التجارب الحقلية والتحاليل المعملية لهذه الدراسة، (كانت موضوع رسالة ماجستير تمت في قسم النبات- كلية العلوم- جامعة المنصورة بجمهورية العربية)- أن زراعة نبات السمار المر في الأراضي المالحة ممكنة، وأن تسميد هذه النباتات بمخاليط من

أسمدة النترات والفوسفات أدت إلى زيادة ملحوظة في المحصول الخضري، خاصة عندما كانت كمية النترات كبيرة، أما زيادة كمية الفوسفات فقد أدت إلى زيادة أطوال الألياف، ونجح الباحث في معرفة أنسب مخاليط الأسمدة؛ لإنتاج أوفر من المحصول الخضري مع أطوال الألياف، وأعلى نسبة من السليلوز، وأقل نسبة من اللجنين، أي: كل الصفات الفيزيقية والكيميائية المطلوبة لإنتاج الورق الجيد.

بالإضافة إلى ما سبق، فقد أثبتت الدراسات الحقلية أن زراعة نباتات السمار المر بالأراضي المالحة تقلل من نسبة الملوحة بالتربة، أي يمكن استخدامها لإصلاح التربة المالحة بيولوجيا، وثبت كذلك أن السمار المر، نوع ريجيداسن- يفضل زراعته واستخدامه في صناعة الورق عن نوع أكيوتاس.

وهكذا تمكنا بعون الله ثم البحث العلمي والمجهود المخلص من التعرف على الفوائد الكبيرة لأحد النباتات البرية التي تنمو بكثرة في أراضينا العربية.

نباتات الكوخيا كعلف للحيوانات

Kochia Plants: Forage Fore Animals

يعتبر النقص في الإنتاج الحيواني واللحوم أحد المشكلات المهمة التي تواجه المناطق الجافة بصفة عامة، حيث تقع معظم البلاد العربية وعلى الأخص دول الخليج العربي، ويعود هذا أصلا إلى نقص العلف الحيواني الأخضر والجاف، لهذا تعتمد تلك البلاد في توفير اللحوم لمواطنيها على استيراد الماشية أو اللحوم كما تستورد الأعلاف الجافة لتغذية حيواناتها المحلية صيفا حيث تقل كمية العلف الأخضر كثيرا.

وقد دأب العلماء المختصون (علماء البيئة النباتية والمراعي) في البحث عن حل لهذه المشكلة؛ لتوفير العليقة الخضراء والجافة للحيوانات على طول السنة صيفا وشتاء، وبكميات وفيرة تكفي لتغذية الحيوانات وإنتاج اللحوم بكميات كبيرة تغطي احتياجات المواطنين؛ لتحقيق الاكتفاء الذاتي من اللحوم.

يشمل جنس نبات الكوخيا عددا من الأنواع النباتية التي تتحمل الجفاف، مثل: (Kochia Scoparia) ، وتلك التي تتحمل الملوحة، مثل: Kochia indic. وقد جذبت هذه النباتات انتباه علماء البيئة النباتية في بعض بلاد العالم، مثل: الولايات المتحدة

الأمريكية وروسيا، الهند، مصر، وغيرها؛ وذلك لأن الحيوانات المنتجة للحوم تقبل إقبالا كبيرا على رعي هذه النباتات التي تحتوي على نسبة عالية من المواد الغذائية، وقد قام هؤلاء العلماء بدراسة بعض أنواع نباتات الكوخيا في مناطق نموها البرية قبل اقتراح إدخال زراعتها كمحصول مراعي غير تقليدي، وأوضحت تلك الدراسات أن نبات الكوخيا يتحمل بالفعل ظروف الجفاف بالجو والملوحة بالتربة بنسبة عالية حيث تنمو في بعض المناطق المالحة الساحلية والداخلية.

لقد قام المؤلف بدراسة نباتات الكوخيا في مصر والسعودية، واشتملت الدراسة على شعبتين رئيستين هما:

١- دراسة انتشار وتوزيع نباتات الكوخيا طبيعيًا في هذين البلدين العربيين .

٢- إجراء تجارب على استزراع هذه النباتات.

ووجد أن نبات الكوخيا نوع إنديكا (Kochia indic) ينمو في منطقة ساحل البحر الأبيض المتوسط ودلتا نهر النيل بمصر، ويقل انتشاره جنوبا، أما في السعودية فيندر وجود هذا النبات إلا في منطقة القصيم، وتبين كذلك أن هذا النبات ينمو بالتربة المالحة وعلى الكثبان الرملية، ويبدأ بظهور بوادره خلال شهر فبراير شباط من كل عام، ويستمر نموه تدريجيًا حتى يصل النبات إلى قمة نموه الخضري بطول قدره متران، وبتفرعات عديدة خلال شهري يونيه ويوليو (حزيران وتموز) وهذا يعني أن محصوله الخضري الذي يستخدم للرعي سيكون صيفا وهذه ميزة أخرى لهذا النبات؛ لأن الحيوانات ستجد غذاء أخضر خلال الصيف الذي تجف فيه معظم نباتات المراعي.

وقد أجريت التجارب العملية لمعرفة مدى تحمل هذا النبات للملوحة بالتربة (رملية – طينية) ونوعية التغذية والمعادن التي يجب توافرها بالتربة ليعطي النبات إنتاجا خضريا أعلى، وتوصل الكاتب إلى نتائج علمية مهمة سمحت له ليبدأ في تجربة زراعة نبات الكوخيا إنديكا (Kochia indica) في الحقل مباشرة في أراض مالحة لا تصلح لزراعة النباتات التقليدية الأخرى.

وبالفعل تم اختيار أرض التجربة في مزرعة خاصة لأحد الأثرياء السعوديين في منطقة بحرة ما بين جدة ومكة، حيث الأرض مالحة والمياه الارتوازية المالحة متوافرة من الآبار،

وقد رحب الجميع بتلك التجارب؛ لأنهم توسموا فيها الخير، باخضرار أرض جرداء بنباتات مراعي تتغذى عليها الماشية، مما سيؤدي إلى زيادة الثروة الحيوانية وتبنت كلية الأرصاد والدراسات البيئية بجامعة الملك عبد العزيز بجدة - التي عمل فيها المؤلف في الفترة ما بين ١٩٧٧-١٩٨٣- تلك التجارب، واهتمت اهتماما بالغا بتنفيذها، وبعد إعداد الأرض للتجربة تمت زراعة نوعي نبات الكوخيا، أحضرت بذور النوع الأول: Kochia indica من مصر، والثاني: Kochia scoiparia من ولاية تكساس بأمريكا، حيث الظروف البيئية تكاد تكون مماثلة للسعودية، ولم تقتصر التجربة على نباتات الكوخيا بل شملت نباتات مراعي أخرى، مثل: نبات حشيشة السودان، وأنواع من نباتات القطف؛ لعمل مقارنة على مدى تحمل هذه النباتات للظروف البيئية السائدة في أرض التجربة التي تروى بمياه الآبار المالحة، ومدى نجاحها لاختيار الأصلح منها.

وكانت نتائج هذه التجارب الحقلية مشجعة للغاية، حيث أمكن زراعة هذين النباتين في أرض رملية ورويت بمياه الآبار الارتوازية المالحة (درجة الملوحة ٤٠٠٠-٦٠٠٠ جزء في المليون) تحت درجة حرارة عالية، بالإضافة إلى ذلك نجحت زراعة هذين النباتين مرتان كل عام، أي: يمكن الحصول على علف أخضر على مدار السنة.

إنها الطريقة المثلى لاستغلال الموارد الطبيعية والاستفادة منها على خير وجه لتنمية البيئة في البلاد العربية، والحصول على العلف الأخضر والجاف الذي به يمكننا الاستغناء عن الاستيراد والاعتماد على الذات.

نباتات الشورة وتطوير البيئة الساحلية

Mangroves and Shoreline Development

نباتات الشورة (Mangroves) هي أشجار أو شجيرات تنمو بالمياه الضحلة على سواحل البحار والمحيطات الواقعة ما بين مداري: الجدي والسرطان، لذلك يطلق عليها نباتات مدارية (Tropical).

ويعتمد انتشار هذه النباتات على السواحل على أربعة عوامل بيئية أساسية هي:

١- درجة حرارة الجو.

٢- ملوحة المياه.

٣- طبيعة تربة السواحل.

٤- قوة مدى المد البحري والأمواج.

وتعتبر الشورة بصفة عامة من النباتات المالحة الاختيارية (Facultative Halophytes)، حيث تنمو في مناطق ساحلية لا تستطيع أن تنمو فيها نباتات المياه العذبه، لذا يمكن زراعتها بمياه البحر مباشرة ، ومن ناحية أخرى فإن تلك النباتات لا تتحمل برودة الجو، وهذا ما يفسر ازدهارها في المناطق الساحلية التي يزيد فيها متوسط درجة حرارة الجو لأبرد شهور السنة عن ١٥°م، وعدم نموها على سواحل المناطق الباردة في العالم شمال وجنوب المنطقة المدارية. ونظرا لأنها تنمو في مياه البحر الضحلة التي تقل فيها نسبة الأكسجين، فإن تلك النباتات قد تغلبت على هذه المشكلة بوجود نوعين من الجذور: جذور تنمو إلى أسفل لتدعيم النباتات بالتربة، وجذور تنمو إلى أعلى للتنفس فوق سطح الماء.

هناك حقيقة علمية تميز نباتات الشورة عن غيرها من النباتات، وهي أن بذورها تبدأ في الإنبات أثناء وجودها على أفرع الشجرة أو الشجيرة، ثم تسقط فتنغمس جذورها الصغيرة فورا في التربة ثم تكمل نموها بعد ذلك.

قسمت نباتات الشورة تبعا لطبيعة أرض السواحل التي تنمو عليها إلى ثلاثة أقسام هي:

١- شورة الشعاب المرجانية.

٢- شورة التربة الرملية الطينية.

٣- شورة التربة العضوية.

ذكر العالم الأمريكي (ويلسون والش ١٩٧٤م) أن التربة النموذجية لنمو هذه النباتات هي التربة الطينية التي تحتوي على نسبة عالية من المواد العضوية، أما التربة التي تكونت من صخور جرانيتية أو كوارتزية فتعتبر غير صالحة لنمو هذه النباتات.

يعتبر عامل المد والجزر بالبحار أحد العوامل المهمة، فهو لا يؤثر فقط على نمو هذه النباتات بل يؤثر كذلك على اتساع رقعة غطائها الخضري على الساحل، وقد وجد أن

أنسب المناطق الساحلية لغزارة هذه النباتات هي الخلجان المحمية من الأمواج العالية والمد القوي، حيث تعمل تلك العوامل على نزع البادرات الصغيرة لنباتات الشورة وهدم التربة.

أوضحت الدراسات الجغرافية لتوزيع هذه النباتات على سواحل الكرة الأرضية أن ما بين ٦٠-٧٠٪ من سواحل المنطقة المدارية – حيث درجة الحرارة عالية – تتميز بوجود نباتات الشورة التي يصل عدد أنواعها إلى ٥٥ نوعا، تتبع ١٦ جنسا ، و١١ فصيلة، لكن هذه الأنواع تختلف في طبيعة انتشارها على تلك السواحل. إلا أن جنسي: Rhizophora,Avicennia هما الأكثر انتشارا عن باقي الأجناس، وجدير بالذكر أن اسم أفيسينيا يعود إلى العالم العربي الشهير ابن سينا الذي يعتبر أول من كتب عن هذه النباتات وعن فوائدها.

- **أهمية نبات الشورة:**

ربما يسأل سائل: هل لنبات الشورة أهمية ما؟ والجواب عن هذا السؤال بالإيجاب، نعم، لنباتات الشورة فوائد بيئية واقتصادية كثيرة، ومهمة ، نذكر منها أن غطاءها النباتي يعمل على بناء وتثبيت التربة على السواحل وحماية تلك السواحل من عوامل التعرية، وهناك الكثير من الأمثلة على ذلك، فقد ذكر العالم (ماكني ١٩٦٨م)، أن نباتات الشورة نوع: Rhizophora apiculata قد أدخلت على سيلان (سريلانكا حاليا) واستزرعت على الساحل هناك في مناطق مصاب الوديان؛ بغرض بناء التربة وتثبيتها، تمهيدا لاستغلالها في زراعة الأرز، وقد نجحت التجربة نجاحا كبيرا، لذا فإنها طبقت في مناطق أخرى من العالم. وبالإضافة إلى تلك الأهمية فإن أجزاء نباتات الشورة– الثمار الأوراق، القلف، الجذور التنفسية– يمكن أن تستخدم كمواد أساسية لكثير من الصناعات لإنتاج الأصباغ، والراتنجات ومواد الدباغة، وكذلك لصناعة القوارب وعلب الكبريت واللعب الخشبية، وتعتبر نباتات الشورة في كثير من السواحل مصدرا مهما للوقود، والأوراق كغذاء أخضر للماشية.

وقد ذكر العالم ثيوفراستاس (Theophrastus) عام٣٠٥ قبل الميلاد، أن مستخلص بادرات بعض نباتات الشورة كان يستخدم قديمًا كمقو جنسي عام للرجال، وهذا ما أكده

عالم النبات المغربي ابن عباس عام ١٢٣٠م، وأضاف أيضا أنه كانت تستخلص من هذه النباتات مواد طبية لعلاج أمراض اللثة والكبد، وقد أجريت حديثًا تحاليل كيميائية على أجزاء نباتات الأفيسينيا مارينا التي تنمو على سواحل المملكة العربية السعودية، واتضح أنها تشتمل على المواد التي تعتبر مصدرًا لإنتاج الهرمونات المقوية للرجال.

وهناك فوائد أخرى غير مباشرة لنباتات الشورة نذكر منها أن بيئتها تعتبر مكانا ملائما لنمو ومعيشة وتكاثر أنواع كثيرة من القشريات والأسماك، ومثال ذلك واضح في كثير من المناطق مثل عشيرة الشورة على سواحل فلوريدا بالولايات المتحدة الأمريكية، التي تعيش فيها كميات ضخمة من القشريات والأسماك ذات القيمة الاقتصادية الغالية مثل الإستاكوزا، الروبيان الجمبري، السلمون ، البوري، سرطان البحر، سمك النهاش، سمك الطبل، وكثير من الطحالب ذات القيمة الغذائية العالية.

واتجه علماء البيئة النباتية في العالم؛ نظرا لفوائدها الكثيرة المباشرة- لإجراء دراساتهم وتجاربهم وبحوثهم على استزراع نباتات الشورة في المناطق الساحلية المدارية التي تخلو منها، أو التي لا توجد بها أنواع كثيرة من تلك النباتات، وقد نجحوا في استزراعها باستخدام البذور أو البادرات أو الشجيرات، وقد ذكر العالم الأمريكي تيس (١٩٧٢م)، أن جزر هاواي بالمحيط الباسفيكي لم يكن فيها نباتات الشورة حتى عام ١٩٠٥م، وعندما أدخلت زراعتها على سواحل هذه الجزر نجحت نجاحا كبيرا، وكونت غابات ساحلية كثيفة يزيد ارتفاع الأشجار فيها حاليا عن ٢١ متر، وهناك تجارب ناجحة في مناطق مدارية أخرى، مثل: فلوريدا، وسريلانكا، الفلبين، وماليزيا ...إلخ.

- **الشورة .. وسواحل البلاد العربية:**

هل تنمو الشورة على سواحل البلاد العربية؟ إذا نظرنا إلى خريطة العالم العربي، نرى أن بلدانه تطل على سواحل: البحر الأبيض المتوسط والبحر الأحمر وبحر العرب، والمحيطين: الهندي والأطلنطي، والخليج العربي وخليجي السويس والعقبة، لكن يقتصر نمو نباتات الشورة على السواحل الجنوبية (جنوب خط عرض ٢٨ ش)، وهذا يعني أن هذه النباتات لا وجود لها على الإطلاق على سواحل البحر الأبيض المتوسط والأجزاء الشمالية من سواحل الخليج العربي وخليجي السويس والعقبة وساحل المحيط

الأطلنطي، والنوع السائد هو: نبات Avicennia marina ، وتوجد الأنواع الأخرى في مناطق محدودة من سواحل البحر الأحمر وبحر العرب والمحيط الهندي مثل نوعي: Rhizophora mucronata, Brugiuera gymnorrhyza، وللأسف الشديد كان لعوامل التقطيع والرعي الجائرين لهذه النباتات الساحلية المهمة آثار سيئة جدًا على حالة هذه النباتات؛ حيث خلت أجزاء كبيرة من تلك السواحل منها تماما، بالإضافة إلى عامل هدم آخر وهو تلوث مياه البحار بالزيت المتسرب من ناقلات البترول خاصة في مياه البحر الأحمر الضيق، وأدى هذا العامل الجديد إلى موت عدد كبير من تلك النباتات، وستعمل كل هذه العوامل الهدامة حتما على تدهور هذا الغطاء النباتي من السواحل العربية، وسيترتب عليه توابع بيئية سيئة، وبناء عليه فإن مشروعا علميا متكاملا لدراسة المحافظة على الغطاء النباتي الحالي لنباتات الشورة على سواحل البلاد العربية ، وإدخال أنواع أخرى منه لا توجد على تلك السواحل وثبتت أهميتها الاقتصادية في سواحل أخرى بالعالم، سيؤدي- حتما إلى تطوير البيئة الساحلية العربية وتشجيرها بهذه النباتات التي لا تحتاج إلى مياه عذبة بل مياه البحر فقط، كما أنها ليست بحاجة إلى رعاية سوى حمايتها من تدخل الإنسان وحيواناته ونفطه.

إنها الطريقة المثلى لتحويل السواحل العربية إلى غابات مثمرة.

وفي النهاية فقد حاولنا في الدراسة السابقة توضيح المفهوم العلمي السليم لما يغني، بعلم البيئة النباتية التطبيقية Applied Plant Ecology. هذا العلم الذي يهدف أساسا إلى تنمية البيئات المختلفة بالعالم، خاصة الصحاري الجافة وشبه الجافة التي تغطي معظم مساحات وطننا العربي، وذلك باستخدام الموارد النباتية الطبيعية المتجددة. وربما نستطيع أن نطلق عليه علم البيئة النباتية التجريبية (Experimental Plant Ecology)؛ حيث تجرى من خلال الطرق العلمية السليمة المرتبطة بهذا العلم- تجارب حقلية (ويقصد بالحقل هنا الصحاري الداخلية والساحلية ذات التربة الملحية وغير الملحية) لا ستزراع بعض النباتات البرية الجفافية والملحية المختارة، بعد أن نكون قد توصلنا إلى أهميتها من الناحية الاقتصادية.

فمنها نباتات غنية بموادها الغذائية وتصلح لإنتاج أعلاف الحيوانات.

وأخرى ذات جذوع وأفرع قوية تصلح لإنتاج الأخشاب والوقود.

ومجموعة ثالثة منتجة للألياف، ومن ثم يمكن استخدامها كمادة خام في صناعة الورق والحرير الصناعي.

ومجموعة رابعة تحتوي على مكونات كيميائية فعالة ويمكن استخدامها في صناعة الأدوية.

ومجموعة خامسة لها المقدرة على تثبيت الكثبان الرملية التي تزحف على الكساء الخضري في كثير من الصحاري العربية.

ومجموعة سادسة تستطيع امتصاص الأملاح الزائدة من التربة الملحية وتحويلها إلى تربة غير ملحية تصلح لزراعة المحاصيل التقليدية (Conventional Corps).

ومجموعة سابعة يمكن أن تزرع على شواطئ البحار؛ لتحويلها إلى غابات ساحلية منتجة.

كل هذه النباتات لها صفاتها وتحوراتها التي تميزها عن غيرها وتمكنها من النمو والتكاثر تحت عوامل الجفاف والملوحة، أي يمكن اعتبارها محاصيل غير تقليدية (Non- Conventional).

وهذا يعني أن علم البيئة النباتية التطبيقية يعتبر العلم الذي يقدم النباتات البرية على اعتبار أنها الملاذ الوحيد لزراعة الصحاري، ومن ثم مقاومة التصحر الذي نعاني منه بشدة، ليس في العالم العربي فقط ولكن في كل البلدان الواقعة في المنطقة الجافة من العالم.

* * *

الفصل الرابع

نبات القات باليمن

(الأضرار والفوائد)

مقدمة:

كانت اليمن الموطن الأم لأجود أنواع البن في العالم و كانت أيضًا إحدى الدول المصدرة له، وزراعة أشجار البن (الاسم العلمي Coffee Arabica) والذي يتبع فصيلة الروبياسية Rubiaceae والتجارة فيه- أحد المصادر المهمة لميزانية اليمن.

شجرة البن تشبه من ناحية الشكل (مورفولوجيا) شجرة القات وللنباتين نفس المتطلبات البيئية ولكن شتان بين الشجرتين باليمن؛ فبينما كانت شجرة البن تمثل رزقًا واسعًا و دخلًا كبيرًا لليمنيين من الخارج- نرى شجرة القات تمثل خرابًا ودمارًا للاقتصاد اليمني و للإنسان اليمني وللبيئة؛ فكل ما يزرع يستهلك داخل اليمن لأنه لا يوجد من يتعاطى هذا النبات من البشر خارج اليمن على الإطلاق إلا في الحبشة (أثيوبيا) وكينيا وجيبوتي والصومال، حيث يزرع القات أيضًا ولكن تعاطيه لا يمثل مشكلة عميقة الجذور مثل ما هو حادث في اليمن السعيد.

في بداية ظهور القات باليمن اقتصر تعاطيه على طبقة السادة، ثم بدأ استعماله ينتشر إلى فئات المجتمع الأخرى، وأخذت زراعته تنتقل إلى معظم المناطق الجبلية باليمن، وأدت زيادة استهلاك القات إلى زيادة الطلب عليه، مما ساعد على التوسع في زراعته، ليس فقط على حساب زراعة البن، ولكن على حساب الزراعات الأخرى التي تعتبر العمود الفقري لغذاء اليمنيين، مثل: الذرة والفواكه بأنواعها والخضروات، فمناخ اليمن وتربتها الخصبة مناسبان تماما لزراعة معظم أنواع الفواكه (وقد نجحت زراعات كثيرة في الأعوام الأخيرة لم تكن متواجدة من قبل في اليمن، مثل: الموز والتفاح والخوخ والمشمش والبرقوق والموالح... إلخ)

وبالنسبة إلى حجم استهلاك القات باليمن، فقد أفادت الدراسات أنه بالشطر الشمالي من اليمن يوجد أكثر من ستة آلاف تاجر للقات يدفعون يوميًا حوالي مليونين من الريالات اليمنية كضريبة (هذا هو الرقم الرسمي وهو لا يمثل الرقم الحقيقي الذي ربما

يكون ضعف هذا الرقم)، والضريبة تمثل ١٠٪ من دخل التاجر اليومي، وهذا يعني أن تخزين القات اليومي في الشطر اليمني الشمالي فقط عام ١٩٨٣ كان يكلف أكثر من عشرين مليون ريال يمني، وهذا الرقم في ازدياد مستمر.

هناك سبب مهم لتقلص زراعة وإنتاج البن في اليمن وتناقص مساحاته المزروعة وهو سياسة جباية الضرائب التي مارسها الحكم الإمامي على أشجار البن، وعدم أخذ الضرائب على أشجار القات، وهذا أجبر الزراع على خلع أشجار البن وزراعة أشجار القات مكانها، وكثيرًا ما أدت النزاعات والحروب القبلية أو النزاع بين حكومة الإمام والقبائل المعارضة إلى إزالة الآلاف من أشجار البن، فأصبح الطريق ميسرا لزراعة أشجار القات محله كتشجيع من الأسرة الحاكمة، التي كانت تشجع أيضًا تعاطيه؛ لأن هذه الأسرة كانت ترى أن ظاهرة انتشار تعاطي القات في اليمن يعتبر أيضًا دعما لحكمها واستمرارًا لوجودها، حيث كانت توزع حزم القات ضمن جراية الجند (الجراية كان قوامها القات والقمح).

كما أن انتشار الجهل بين اليمنيين وعدم توفر الحس الصحي لديهم وتصديقهم لما كان يقوله الإمام في تحريم كثير من المواد الغذائية، والفتوى بأن القات حلال، كل هذه الأمور أدت إلى تفشي زراعة القات وانتشار تعاطيه، هذا وقد ازداد تعاطي القات بشكل لافت للنظر بعد ثورة ٢٦ سبتمبر ١٩٦٢؛ حيث دخلت البلاد أموال طائلة من المهاجرين اليمنيين في الخارج وارتفع دخل الفرد نسبيا، وأخذوا يتعاطون القات لعدم وجود ما يشغل فراغهم. وهم يقولون دائمًا إن تعاطي القات أحسن بكثير من إدمان المخدرات الأخرى مثل: الحشيش والأفيون والبودرة بأنواعها الموجودة في معظم بلدان العالم، ولكن إذا نظرنا إلى نسبة من يتعاطى هذه المخدرات في تلك البلدان (مثل مصر) نجدها لا تتعدى ٥٪ من جملة المواطنين. أما متعاطو القات في اليمن فتبلغ نسبتهم أكثر من ٩٠٪ من اليمنيين.

وهكذا يمكن إجمال أسباب توسع زراعة القات على حساب زراعة البن في النقاط التالية:

١ - الأرباح الطائلة التي تدرها شجرة القات مقارنة بما تدره شجرة البن، حيث يصل عائد الهكتار المزروع بالقات حوالي ١٣٢,٠٠٠ ريال سنويا، بينما هكتار زراعة البن يدر دخلا سنويا حوالي ٦٠٠٠ ريال فقط.

٢-لا تحتاج شجرة القات إلى مجهود كبير بعد زراعتها، على عكس شجرة البن التي تحتاج إلى رعاية كبيرة .

٣- تحتاج شجرة البن إلى فترة طويلة لإعطاء ثمرة، ولا تعطي محصولا تجاريا إلا بعد ٤ سنوات، بينما تقطف أوراق القات بانتهاء عامها الأول أو الثاني، وذلك في أي وقت من العام.

٤-لأن القات يستهلك كله محليا - فتسويقه سهل، بينما تسويق البن يحتاج إلى مجهود أكبر لتسويقه عالميا .

هل للقات فوائد للمتعاطين ؟

هناك فوائد يدعيها مدمنوا القات؛ حتى يبرروا إدمانهم له ويتمكنوا من ضم أكبر عدد من اليمنيين وغير اليمنيين العاملين باليمن إلى جلساتهم أهمها ما يلي:

١- تخزين القات وسيلة لزيادة الفهم وإنعاش النفس، والوصول إلى الدقة في العمل والإبداع في الصنع، وبلوغ أفضل ما يراد من العاملين والمفكرين والصناع.

٢- علاج ضد السمنة، ويناسب من يريد خفة الوزن .

٣- يقوي المقدرة الجنسية عند الرجال .

٤- يقلل نسبة داء السكر، ويقلل ضغط الدم وتصلب الشرايين .

٥- زراعة القات تعود إلى الريف بفوائد اقتصادية مهمة .

٦- يتم مضغ القات لقضاء الوقت والهروب من الملل .

وبمقارنة الفوائد المذكورة أعلاه بما يقوله مدمنو الحشيش وماكستون فورت وعقارات الهلوسة الأخرى نجدها متشابهة.

● أضرار القات على صحة الإنسان

تظهر أضرار القات بوضوح على المدمنين، وإن كانوا لا يعرفون أن ما بهم من علل هي بسبب القات؛ وذلك إما بجهلهم بأضرار القات أو لعدم تمكنهم من ترك القات، بل يظن مدمنو القات أن تخزين هذا النبات يساعدهم على الشفاء من عللهم ودليلهم على ذلك أنهم يشعرون براحة عندما يتناولون القات أثناء مرضهم الذي سببه القات وهي المصيبة الكبرى.

ويمكن تفصيل تلك الأضرار إلى:

أ- الأضرار الجسدية:

أظهرت البحوث العلمية العديدة التي أجريت باليمن على كثير من مدمني القات- أن لهذا النبات التأثيرات الجسدية التالية:

١- نقص الشهية للأكل، ومن ثم مرض سوء التغذية وفقر الدم (وهذا بالطبع يقلل من أوزان اليمنيين).

٢- أمراض الجهاز الهضمي، منها الإمساك وانتفاخ البطن.

٣- التهاب اللوزتين.

٤- تليف الكبد.

٥- السل الرئوي.

٦- سرطان الرئة.

٧- التهابات الفم وجفافه وشعور المتعاطي للقات بالعطش دائما.

٨- مرض البواسير؛ نتيجة للإمساك المزمن.

٩- ضعف بنية المدمنين مما يؤثر على طاقتهم في العمل.

١٠- نقص الحليب لدى الأمهات المرضعات.

١١- يشكو ماضغو القات من التغيرات التي تطرأ على علاقاتهم الجنسية مع زوجاتهم، ويصاب أغلبهم بالسيلان المنوي (سلس المني) دون أي مثيرات جنسية، ولذلك نجد أن معظم المصابين من الرجال في المساجد اليمنية يخلعون سراويلهم عند دخولهم المسجد للصلاة؛ لنجاسة هذه السراويل، وهذه ظاهرة تشاهد في اليمن فقط، وهذا بالطبع يؤثر سلبيا على القدرة الجنسية لدى الرجل.

ب- الأضرار النفسية:

غالبًا ما يقضي مدمنو القات جزءًا كبيرًا من الليل في حالة شرود ذهني، وسبب هذا القلق هو مادة الكاثينون (cathinone) ، وبعد فترة من مضغ القات يشعر الفرد بالبرد في أطرافه، ويميل إلى الصمت وضيق الصدر مع عصبية أو توتر عنيف لفترة طويلة من

الليل، لذا يلجأ ضعاف الإيمان إلى شرب الخمور بقصد فسخ القات وإثارة الشهية للأكل و الجنس.

و بعض أنواع القات تنبه ماضغها أكثر من اللازم، فعندما ينفرد المدمن بنفسه يغرق في عالم الخيال، مما يجعله يعيش بعيدا عن الواقع المعاش، وهذه حقيقة واقعة عاشها كل من عمل باليمن من غير اليمنيين لفترات قصيرة أو طويلة، وقد دعيت كثيرًا لحضور جلسات القات بل لتخزينه لأنه - كما يعتقدون - لو جربته مرة فلن أتركه أبدًا.

وبتكرار السهر الناتج عن زيادة الكميات المستعملة في التخزين- و لفترات متداخلة يؤدي بالمدمن إلى الشك فيمن حوله، و بالتالي ربما يصل به الاعتداء على الآخرين وهذا يعني شبه الجنون، وفي بعض الأحوال النادرة يؤدي إلى الجنون الكامل، و كل ذلك يحدث بالطبع لمن يتعاطى القات بصفة مستمرة، أما من يتناولونه في المناسبات فقط فتأثيره عليهم محدوذ للغاية بل لا يكاد يذكر.

كيف يصبح القات نعمة و عطاء لليمن ؟

بعد هذه الجولة السريعة عن نبات القات في اليمن فالمطلوب مني الإجابة عن هذا السؤال، ومن وجهة نظري فإن الإجابة عنه لتحقيق الهدف في تحويل القات إلى نعمة وعطاء بدلا من كونه نقمة وبلاء- ليست بالأمر السهل، وفي نفس الوقت ليست بالأمر الصعب أو المستحيل تنفيذه، مادمنا نملك نعمة العقل و التفكير و الإرادة.

قال الله سبحانه وتعالى : ﴿ إِنَّ ٱللَّهَ لَا يُغَيِّرُ مَا بِقَوْمٍ حَتَّىٰ يُغَيِّرُواْ مَا بِأَنفُسِهِمْ ﴾[الرعد:١١]. لقد أعطى الله سبحانه وتعالى للإنسان إرادة التغيير، ومن ثم فإن الإنسان هو الذي يستطيع أن يغير أحواله كما يشاء، وهذا يعني أن مسئولية تحويل القات من نقمة إلى نعمة تقع على كاهل كل المفكرين والباحثين لإيجاد الوسيلة الفعالة والناجحة لذلك، ولن يعجزوا أبدا مادامت هناك الرغبة والإرادة و التكاتف بين الجميع. لقد أصبحت زراعة القات وتجارته مصدرا للربح الوفير للصفوة من القوم الذين يمثلون مع أسرهم أقل من ٥ ٪ من جملة عدد مواطني اليمن، و باقي الشعب هو المستهلك الرئيسي للقات، وصفوة القوم هم زعماء القبائل الكبرى الذين يمتلكون كل شيء، وكل قبيلة لديها قوة عسكرية مسلحة تسليحا كاملا ومن ثم فقد يكون صعبا للغاية، بل مستحيلًا - على الأقل في الوقت

الحالي- اقتراح القضاء على زراعة القات وتجارتها حتى ولو تدريجيًا باليمن، و كل من يقترح ذلك يكون كمن يضرب رأسه في الحائط دون جدوى. لقد حاول الكثيرون من قبل و خاصة بعد قيام ثورة ٢٦ سبتمبر ١٩٦٢ وأصدروا قرارات سيادية لإزالة زراعة القات، ولكن لم تكن هذه القرارات إلا حبرا على الورق. ولم يفكروا لحظة في كيفية تنفيذها لسبب بسيط أن جميع السادة الحاكمين- من وزراء و ما تحتهم وما فوقهم- يمتلكون هم شخصيًا أو قبائلهم مساحات شاسعة من زراعات القات فكيف يخربون على أنفسهم و يقضون على مكاسبهم الشخصية ؟

إن المشكلة عميقة الجذور و متشعبة في اتجاهات متعددة، وبناء على هذا الموقف يجب على المفكرين والباحثين أن يقترحوا وسائل أخرى مقبولة من الجميع دون الإضرار بمن يزرعون القات أو يتاجرون فيه. فكيف يكون ذلك ؟

من وجهة نظري – و أرجو أن لا أكون مخطئًا – فهناك أوجه حسنة في زراعة نبات القات في اليمن، ولو استغل ذلك استغلالًا رشيدًا لأمكننا التعرف على الطريق الصحيح للاستفادة من هذه الشجرة ومن هذه الإيجابيات :

١- الخبرة الجيدة لدى الفلاحين و المزارعين اليمنيين في زراعة القات.

٢- المحصول الوفير الذي ينتج سنويا، والذي يدل دلالة قاطعة على أن البيئة اليمنية (مناخ – تربة – ماء) صالحة تماما للإكثار من زراعة القات باليمن.

٣- حب الشعب اليمني لشجرة القات سواء أكانوا مزارعين أو تجارا أو حتى مستهلكين حيث أصبحت شجرة القات رمزا من رموز اليمن في هذه الحقبة من الزمن. ومن ثم فإنهم جميعا متشوقون إلى من يمد إليهم اليد لإنقاذهم من هذه المحنة بحل آخر غير القضاء على القات.

وانطلاقا من إيماننا بأن الله سبحانه وتعالى لم يخلق النباتات- كلها بدون استثناء- إلا لمصلحة البشرية، أي أن كل النباتات فيها منافع للناس ولكن ربما يكون في بعض منها منافع و أضرار في نفس الوقت، ولنضرب مثلا بالعنب و التفاح و البلح فهذه الفواكه الجميلة المحببة إلى نفوسنا جميعًا بفائدتها للجسم ولطعمها الشهي- عمل الإنسان صاحب النفس الأمارة بالسوء إلى استخدامها كمادة خام في صناعة الخمور الضارة بالصحة . وكما

هو معروف فإن كل النباتات التي يزرعها الإنسان في أيامنا هذه (زراعات الحبوب و الفاكهة و الخضر و المراعي و الأخشاب....إلخ) كانت نباتات برية، وتعرف الإنسان عليها تبعا لحاجاته وذكائه الفطري على أهميتها له فاستغلها استغلالا صحيحا في مأكله وملبسه و مسكنه وكل أموره الحياتية، وأيضًا استغل بعضها في صناعات الخمور والمخدرات، فلماذا لا يكون القات مثل هذه النباتات التي لها فوائد وأضرار في نفس الوقت ؟ فالظاهر أمامنا أن القات لا يزرع إلا للحصول على أوراقه الخضراء لاستخدامها في عملية التخزين الضار بالصحة والاقتصاد، ولكن بالتأكيد فإن هذا النبات (القات) له وجه آخر حسن مفيد للإنسان فلو تكاتف الجميع للتعرف على هذا الوجه في كل أجزاء القات (الأوراق و الأزهار و الثمار و البراعم و الأفرع والسيقان والجذور)، وبواسطة البحوث متعددة الاتجاهات، فإنني على يقين بأنه يمكن الاستدلال على أهمية اقتصادية ما في هذا النبات ومن ثم يمكن استغلال محصوله الخضري أو الثمري الوفيرين واستخدامها كمادة أولية في إحدى الصناعات الحيوية ذات المردود الاقتصادي الكبير، مثل: صناعة الأدوية والزيوت الطيارة والتي يمكن تصديرها خارج اليمن .

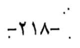
إن البحث العلمي -ولا شيء غير البحث العلمي- هو الطريق الأمثل الذي سيقودنا إلى الاستغلال الأمثل لزراعات القات الشاسعة باليمن، وعندما يرى الإنسان اليمني بكل طبقاته أن القات يمكن أن يدر عليه دخلا ماليًا مضاعفا لو باعه كمادة خام للصناعات المتعددة سيفكر ألف مرة قبل استخدام أوراقه واستهلاكها في غير ما يفيده ويفيد بلده واقتصادها .

وهكذا نكون قد وصلنا معا إلى نهاية هذا الفصل، والذي آمل أن أكون قد قدمت لكم فيه ما تريدون معرفته عن نبات القات باليمن سواء الوجه الضار منه أو الوجه الحسن، وكيف يلعب دورًا مهمًا في التنمية البيئية المستدامة في جبال اليمن .

والله أسأل أن يوفقنا إلى ما فيه الخير ...

القسم الثالث

(تلوث البيئة – الغازات التي تسبب الدفء – الأوزون)



الفصل الأول

تلوث البيئة

البيئة هي الإطار الذي يعيش فيه الإنسان ويمارس فيه نشاطه الزراعي والصناعي والاقتصادي والاجتماعي، وهي الحيز الذي يبني فيه قراه ومدنه ومراكزه الصناعية وشبكات مواصلاته من الطرق والموانى والمطارات وغيرها، وهي الحيز الذي يقيم فيه الحقول والبساتين، والذي تمتد فيه المراعي وتكون فيه مصايد الأسماك وساحات الترفيه والرياضة وقرى الصيف. والبيئة هي الوعاء الرئيسي لعناصر كثيرة تتحول بفعل الإنسان وعمله وما يستخدمه من وسائل وتكنولوجيات- إلى ثروات، تتحول الأرض والمياه إلى مزارع، وتتحول تكاوين الجيولوجيا إلى مناجم للخامات والفحم وحقول البترول.

البيئة إذن هي الإطار الذي يعيش فيه الإنسان وتتأثر بظروفها أحواله الصحية والنفسية فهي الهواء الذي يتنفسه فيصح به البدن إن كان نقيًا ويمرض إن كان فاسدًا، وهي الماء الذي يشربه ويغتسل به، والأرض التي يدب عليها.

التلوث هو كل تغير يطرأ على الصفات الفيزيقية أو الكيمائية أو البيولوجية لهذا الإطار مما يؤثر على الإنسان، أو على ما يربيه من حيوان أو ما ينميه من موارد الزراعة والرعي، أو ما يكون لديه من مقتنيات ثقافية وحضارية. إن التغير في درجات حرارة المياه الساحلية، نتيجة صرف مياه التبريد من مصنع أو محطة قوى أو معمل لتكرير البترول- يؤثر على حياة الأسماك أو المرجان أو غابات الشورة الساحلية، مما يعتبر نو عا من أنواع التلوث الفيزيقي. إن صرف المخلفات الصناعية إلى المسطحات المائية يغير في الصفات الكيميائية للمياه مما قد يفسد صلاحيتها للشرب أو الري، كما أن صرف المخلفات الآدميه قد يضيف إلى المياه في الترع والمصارف أحمالا بيولوجيه تجعل من المياه مصدر خطر على صحة الإنسان والحيوان . وقد يكون التلوث من مصادر طبيعية، مثال ذلك: ما تقذفه البراكين من طاقات حرارية ذات أثر على الصفات الفيزيقية لهواء البيئة، ومن مركبات كيميائية تحويها الأبخرة والغازات والحمم المتصاعدة، ومن دقائق صلبة من أتربه وغبار يتصاعد

إلى طبقات عالية من الهواء الجوي. مثال ذلك: ما تحمله الرياح والأعاصير من أتربه ودقائق رمليه، على نحو ما يحدث بمصر في فصل الخماسين.

ولكن الأغلب الأعم أن يكون التلوث من مصادر ترجع إلى النشاط الإنساني، وهنا نلاحظ أن التلوث ضرب من التدهور البيئي، أي: التحول في بعض صفات البيئة وسماتها إلى ما يضر الإنسان وما يقبل عليه من مناشط. وقد يكون التلوث تغيرًا نسبيًا في مكونات طبيعية للإطار البيئي، كزيادة كمية غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء الجوي، أو زيادة بخار الماء في الهواء، أو نقص في كمية الأكسجين في الهواء، أو زيادة معدلات الملوحة في المياه، أو زيادة أعداد البكتريا في التربة، إلى غير ذلك. وقد يكون التلوث بإضافة مكونات طارئة على عناصر البيئة، مثال ذلك: المركبات الصناعية الكثيرة التي تخرج إلى الهواء الجوي مع دخان المصانع أو إلى المسطحات المائية مع ما ينصرف من المصانع من مخلفات أو إلى الأرض نتيجة ما ينصرف إليها من المركبات الكيميائية التي يستخدمها الفلاح في مكافحة الآفات الزراعية أو التسميد أو يعتمد عليها رجال الصحة العامة في مكافحة ناقلات الأمراض من حشرات وقواقع.

نلاحظ أن الملوثات الأولى (المكونات الطبيعية للبيئة) يمكن أن تجري مع تفاعلات البيئة وأن تستوعبها دورات المواد التي تتسم بها النظم البيئية، فثاني أكسيد الكربون الإضافي يمكن أن يدخل في عمليات البناء الضوئي، والمخلفات العضوية من الروث والبراز وبقايا الزراعة يمكن أن تتناولها كائنات التربة الدقيقة من فطريات وبكتيريا بالتفكيك والتحليل حتى ترتد إلى مكونات بسيطة هي: الماء وثاني أكسيد الكربون . فلهذه الدورات الطبيعية قدرة محددة على الاستيعاب، أي: هضم قدر من هذه المخلفات، فإذا زادت الكمية عن طاقة العمليات الطبيعية تراكمت المخلفات كما تتراكم القمامة في الطرقات إذا زادت كمياتها على طاقة جهاز النظافة وقدرته على الجمع والإزالة.

وأما الملوثات الثانية (المكونات الطارئة والغريبة على البيئة) فتبقى كما هي، أو تتحول إلى مشتقات؛ نتيجة تفاعلها مع حرارة البيئة، أو نتيجة تفاعلات كيميائية أو كيميائيه فيزيقية تتصل بذاتها ولا تتصل بالدورات الطبيعية لموارد البيئة. مثال هذه الملوثات: مركبات أل د.د.ت وتنوعاتها ، ومركبات البلمرات من اللدائن والبلاستيك والألياف الصناعية وغيرها. فهذه الملوثات ، سواء في صورتها الأولى أو مشتقاتها، تبقى وتتراكم في

الوسط البيئي، ويقال إن جملة ما استخدمه الإنسان من مركبات أل د. د.ت (مبيد الحشرات) منذ الأربعينيات من هذا القرن ما تزال باقية في طيور البطريق التي تعيش في المناطق القطبية الجنوبية وهي مناطق بعيدة كل البعد عن مواقع استخدام هذا المبيد الحشري.

كذلك من الملوثات الطارئة على النظم البيئية الطبيعية الكثير من مركبات العناصر المعدنية الثقيلة مثل الرصاص والزئبق والكادميوم، وهي تدخل في كثير من الصناعات مثل: صناعة البطاريات وصناعات الطباعة والنسيج والصناعات الكيميائية، وهي ملوثات تتراكم وتتجمع في أجسام الكائنات الحية التي تمتصها، ويزداد بذلك تركيزها ومن ثم ضررها على الكائن الحي أو على كائنات حيه تتغذى عليه. ولقد اكتشف في اليابان وفي النرويج وغيرها مجموعة من الأمراض تصيب سكان الشواطئ نتيجة تناولهم أنواعا من الأسماك والمحاريات البحرية تعيش في مياه تنصرف إليها مياه المصانع المحملة ببقايا مركبات الزئبق.

نذكر في هذا الصدد تعاظم تركيز الملوثات مع تتابع السلسلة الغذائية. فعلى سبيل المثال أظهرت القياسات أن مياه بحيرة كلير في كاليفورنيا تحوي مادة: د.د.د. (مشتقة من: د.د.ت) بنسبة ٠٫٠٢ جزء في المليون، وهو تركيز قليل ولكن هذه المادة تجمعت في أجسام الكائنات النباتية والحيوانية الهائمة على سطح الماء بتركيز بلغ ٥ أجزاء في المليون (أي: ٢٥٠ ضعف تركيزها في الماء). وتجمعت في الأسماك التي تغذت على الكائنات الهائمة وبلغ تركيزها في جسم السمك ٢٠٠٠جزء في المليون، وبلغ التركيز في أجسام البط الذي تغذى على السمك حدًّا ماتت به الطيور.

وتتباين الملوثات في الصفات الفيزيقية (حجم الدقائق- صلبة أو سائلة أو غازية- الكثافة النوعية) وفي صفاتها الكيميائية أي: قدرتها على التفاعل مع مكونات الوسط البيئي- وعلى الاشتقاق. تحدد هذه الصفات مدة بقاء الملوث في الوسط البيئي أي في الهواء الجوي أو في المياه أو في التربة، ومدة البقاء يقابلها مدى الانتشار. وتتبين هذه المسألة في تتبع سلوك الملوثات المختلفة في الهواء الجوي. تبقى أكاسيد الكبريت وأكاسيد النيتروجين الخارجة من مداخن الصناعة ومحطات القوى في الهواء على ارتفاعات متوسطه لمدة قد تزيد على ٢٤ساعة، وهي تكفي لانتقالها وانتشارها مع تحركات الكتل الهوائية إلى مسافة قد تزيد على ألف كيلو متر، ومن ثم تتجاوز الحدود الوطنية لمصادرها

وتصبح ملوثات عبر الحدود، أي تصبح مشكلة إقليمية تشمل عددا من الدول المتجاورة. ولعلنا نشير إلى أن توجه الصناعات إلى زيادة ارتفاع المداخن؛ توقيا للتجمع الموضعي لها أدى إلى اتساع مدى انتشارها . أما الملوثات التي تزيد مدة بقائها فقد تصبح ملوثات شائعة للمحيط الإنساني ويشيع في الهواء الجوي جميعه.

ونلاحظ أن للملوث- مصدر هو نشاط إنساني في مجال الصناعة أو النقل أو الزراعة وغيرها، ويكون لهذا النشاط- مخرجات غازية؛ كأكاسيد الكربون والكبريت والنيتروجين، أو سائلة وشبه سائلة؛ كمياه الصابورة التي تفرغها ناقلات البترول إلى البحر أو مياه التبريد أو مخلفات صناعات السكر والورق والزيوت أو مخرجات الصرف الصحي، أو صلبة على هيئة دقائق تتصاعد مع الدخان على نحو ما نشاهد في صناعات الأسمنت، أو ركام صلب على النحو ما تخرجه صناعات المعادن أو القمامة والمخلفات التي تتجمع في التجمعات وهي تخرج إلى الهواء أو إلى الأرض.

ويتباين مدى انتشار الملوثات حسب ظروفه؛ فالملوثات التي لا تتعدى مواقع مصادرها على نحو ما تكون الضوضاء والحرارة والرطوبة والأبخرة الغازية وما يصاحبها من دقائق وغبار قد لا تتجاوز عنبر المصنع- تصبح مصدرا للتلوث في بيئة العمل ويتركز أثرها الضار على العاملين في الحيز المحدود، وهذا هو مجال اهتمام رجال الصحة المهنية وبيئة العمل، ولهذا المجال مجموعات من الأمراض الخاصة تختلف باختلاف الملوث وآثاره الصحية.

وقد تكون الملوثات غير محصورة؛ على نحو ما تكون الضوضاء وعوادم السيارات وغيرها من وسائل النقل في شوارع المدن، وما تفرزه الورش والمصانع الصغيرة والأفران المنتشرة في أحياء المدن، أضف إلى ذلك تجمعات القمامة وطفح المجاري وغير ذلك. يتجاوز هذا التلوث البيئي مواقع الخروج إلى الوحدة البيئية الأوسع وهي المدينة أو القرية.

وقد تتصل الملوثات بوسط مائي ناقل كشبكة الري والصرف، فتنتقل إلى مدى أوسع، مثال ذلك: مصرف بحر البقر الذي يصب في بحيرة المنزلة، بعد أن ترفد إليه مصارف متعددة تجمعت فيها مخلفات صناعية وزراعية ومدنية من مواقع تمتد من جنوبي مدينة

القاهرة. بل إن مياه نهر النيل تحمل المخلفات التي تلقيها المصانع والمدائن من أسوان جنوبا إلى المصبات في الشمال. وقد أشرنا من قبل إلى أن مدى الملوثات قد يصير إلى الحيز الإقليمي الدولي على نحو الحال في أكاسيد الكبريت والنيتروجين في غرب أوروبا أو تلوث نهر الراين أو الدانوب في أوروبا الوسطى، وأشرنا كذلك إلى المدى العالمي الذي تمتد إليه بعض الملوثات.

ولعلنا لا نجاوز الواقع إذا قلنا إن لكل ملوث مدى موضعي، ومدى أوسع وأوسع، فسائق السيارة الذي يسرف في استخدام آلة التنبيه يحدث ضوضاء تؤثر عليه وعلى من يشاركونه في السيارة، وهذا هو الأثر الموضعي، وتضيف هذه الضوضاء إلى جملة الضوضاء في الشارع الواحد وفي الحي وفي المدينة جميعا، وللدخان وللعوادم التي تخرج من السيارة والورشة والمصنع ومحطة القوى- آثارًا موضعية، تتجمع مع غيرها حتى لتصبح المدينة وحدة واحدة يتصاعد منها تجمع الأدخنة والغبار، حتى ليقال إن المدينة تشبه البركان؛ إذ تتضاعد من منتصفها أعمدة من الملوثات الفيزيقية والكيميائية، وهذه بدورها تمتد إلى الحيز الوطني أو الإقليمي أو تصبح إسهاما في التلوث العالمي.

الملاحظة الأخيرة التي نطرحها في هذا التمهيد تتصل بأوجه المسئولية الأخلاقية المتصلة بالتلوث البيئي؛ لأن التلوث في أغلبه ناتج عن فعل إنساني، وأول هذه الأوجه مسئولية الفرد عن الضرر الحادث له؛ كالضرر على المدخن من التدخين والضرر من الضوضاء على محدثها. ومسئولية الفرد تجاه الأقربين والمشاركين له في المسكن أو المصنع أو المجاورة السكنية ومسئولية الجماعة تجاه الجماعات المجاورة في الإقليم أو في حوض النهر. أو التي تشاركها في المياه المشتركة في البحيرة. والمسئولية تجاه البشر عامة فيما يتصل بالإسهام في التلوث والتدهور البيئي العالمي. كذلك المسئولية الأخلاقية تجاه الأجيال المقبلة، أيّ بيئة نورثها لأولادنا وأحفادنا من بعدنا؟

بعد هذه الملاحظات التمهيدية نتناول في شيء من التفصيل عددا من قضايا التلوث البيئي التي تشغل بال العالم في جملته؛ لنتبين منها تشعب قضايا البيئة.

* * *

الفصل الثاني

الغازات التي تسبب الدفء (الأثر الصوبي)

تخرج عن العديد من الأنشطة الإنسانية غازات وأبخرة تضاف إلى الهواء، وأكثر هذه المخرجات شيوعا أكاسيد الكربون التي تنتج عن عمليات الاحتراق، كما تخرج من عمليات التنفس في الكائنات الحية، ولعلنا نتوقف قليلا عند غاز ثاني أكسيد الكربون؛ لأنه أحد المكونات الطبيعية للهواء الجوي، وهو أحد المكونات ذات الأهمية الخاصة لأنه المصدر الرئيسي للكربون الذي يدخل في عمليات البناء الضوئي في الأجزاء الخضراء من النبات، وهي العملية الأساسية التي تتخلق بها المركبات العضوية المحملة بالطاقة من مركبات بسيطة هي الماء وثاني أكسيد الكربون. كان الإنسان البدائي يعتمد على مخلفات الحقل وعلى ما يحتطبه من الشجر كمصدر للوقود، وكان ما يخرج عن ذلك من ثاني أكسيد الكربون يعادل ما يدخله النبات الأخضر إلى بنيانه في عمليات البناء الضوئي فلما كان عصر الصناعة الحديثة التي تعتمد على مصادر حفرية للوقود (الفحم والبترول والغازات الطبيعية) بالإضافة إلى المصادر التقليدية- زادت كميات ثاني أكسيد الكربون المتصاعد إلى الهواء عن قدرة الكساء النباتي على الاستيعاب، ومن ثم بدأ تركيز ثاني أكسيد الكربون في الهواء الجوي يتزايد.

يقدر تركيز غاز ثاني أكسيد الكربون في الهواء الجوي فيما قبل عصر الصناعة (النصف الأول من القرن التاسع عشر) بحوالي ٢٧٠ جزء في المليون بالحجم، ويقدر حاليا بحوالي ٣٤٤ جزء في المليون بالحجم. وقد بدأت القياسات والأرصاد الدقيقة لهذا الغاز عام ١٩٥٧ (محطة أرصاد مونالوا في هاواي) وتبعها الرصد في محطات أخرى في العالم، وتؤكد هذه القياسات الزيادة المطردة في تركيز ثاني أكسيد الكربون من ٣١٥ إلى ٣٤٣ جزء في المليون بالحجم فيما بين ١٩٥٨ حتى ١٩٨٤.

قد تكون لزيادة ثاني أكسيد الكربون فائدة السماد الهوائي؛ لأنه مصدر الكربون لعمليات البناء الضوئي. وتدل التجارب المعملية على أن النباتات يمكن أن تعيش في هواء يبلغ تركيز ثاني أكسيد الكربون فيه ١٠٠٠ جزء في المليون بالحجم، وتزيد فيه معدلات النمو، وتقل معدلات النتح، ومن ثم تزيد كفاءة استخدام الماء وتبرز هذه الزيادة في مجموعة النباتات التي يشار إلى نهج البناء الضوئي فيها بأنه كربون ٣ (القمح

والأرز والشعير والبطاطس) وليست بهذا الوضوح في نباتات الكربون ٤ (الذرة وقصب السكر). وتقدر الدراسات أنه لو تضاعف تركيز ثاني أكسيد الكربون لزادت معدلات النمو والإنتاج في نباتات الكربون ٣ بمعدلات تتراوح من ١٠ إلى ٥٠٪، أما نباتات الكربون ٤ فالزيادة فيها تتراوح من صفر إلى ١٠٪.

على أن الأوضاع الحقلية تختلف عن الوضع المعملي لأن الأثر سيشمل نبات المحصول وما يصاحبه من أعشاب حقلية ذات الأثر الضار على النمو والمحصول.

على أن الأثر البيئي الذي يشغل البال هو صفة فيزيقية في غاز ثاني أكسيد الكربون الكربون تتصل بأن جزيئاته شفافة للأشعة الشمسية الساقطة ذات الموجات القصار، وغير شفافة للأشعة المرتدة عن سطح الأرض ذات الموجات الطوال. وهذه صفة تقترب شبها من صفة المسكن الزجاجي (الصوبة الزجاجية)، وينتج عنها ارتفاع في درجة الحرارة.

وتوجد عدة غازات أخرى- تتزايد تركيزاتها في الهواء الجوي نتيجة النشاط الإنساني- تشترك مع غاز ثاني أكسيد الكربون في هذه الصفة (غازات الأثر الصوبي) وأهم هذه الغازات: الميثان وأكسيد النيتروز والفريون ١١ والفريون١٢. انظر الجدول التالي:

الغاز	التركيب	مدة البقاء بالنسبة	التركيز عام ١٩٨٥	معدل الزيادة السنوي
ثاني أكسيد الكربون	CO_2	٢-٣	٣٤٥جزء/ مليون / حجم	٠,٥٪
أكسيد النيتروز	N_2O	١٥٠	٣٠١ جزء/ بليون/ حجم	٠,٢٥٪
الميثان	CH_4	١١	١٦٥٠جزء/ بليون/ حجم	١,٠٪
فريون١١	$CFCl_3$	٧٥	٠,٢٠جزء/ بليون/ حجم	٧,٠٪
فريون١٢	$CFCl_4$	١١١	٠,٣٢جزء/ بليون/ حجم	٧,٠٪

(ويضاف إليها الأووزون (أ٣) في طبقات الهواء الجوي القريبة من الأرض- التروبو سفير) وهي جميعا من جملة ملوثات الهواء الجوي.

تدل الحسابات العلمية التي تتناول ما يمكن أن يطرأ على درجات الحرارة- نتيجة الزيادة المطردة في غاز ثاني أكسيد الكربون والغازات ذات الأثر الصوبي الأخر- على أنه إذا وصل تركيز ثاني أكسيد الكربون في الهواء الجوي إلى ٥٥٠ جزء في المليون بالحجم (ضعف تركيزه فيما قبل الثورة الصناعية)، ومن المتوقع أن يصل إلى هذا الحد في غضون النصف الثاني من القرن التالي- فإن متوسط درجة الحرارة في العالم سترتفع إلى مدى ١،٥ إلى ٤.٥°م. تعني هذه الأرقام أن ارتفاع درجات الحرارة يكون في الحد الأدنى من النطاقات الاستوائية وفي الحد الأعلى في المناطق القطبية وارتفاع درجات حرارة الجو يعني تحولات مناخية متباينة تتصل بالبحر وتوزيع المطر وحركة الرياح ونطاقات المناخ عامة.

ويعكف علماء المناخ مستعينين بالحاسبات وتقنيات النماذج الرياضية على دراسة هذه التحولات المناخية، ودراسة آثارها على الحياة النباتية عامة وعلى حياة المحاصيل وتوزيعها في العالم، ودراسة استجابة المجتمعات وقدراتها على التواؤم مع هذه المتغيرات.

تتناول هذه الدراسات مسألة تقلق البال، وهي أثر الدفء المتوقع على مستوى سطح الماء في البحار والمحيطات. وزيادة درجات الحرارة تحدث التمدد في حجم كتلة الماء، ومن ثم تزيد ويرتفع مستوى سطح الماء، ويقدر هذا الارتفاع بما يتراوح من ٢٠ إلى ١٤٠ سم. ولو تأثرت كتل الجليد في المناطق المتجمدة، وخاصة المناطق المتجمدة الجنوبية لزاد مدى الارتفاع.

وفي هذا خطر يتهدد المناطق الساحلية عامة حيث تقع المدن والتجمعات السكنية التي سيقطنها ثلث سكان المعمورة، وهو خطر يتهدد على وجه الخصوص مناطق دلتاوات الأنهار والأراضي الساحلية المنخفضة.

وتبدو قضية الغازات ذات الأثر الصوبي معضلة عسيرة الحل لأنها- وخاصة بالنسبة لغاز ثاني أكسيد الكربون- تتصل بقضايا الطاقة والسياسات التي تتوخاها المجتمعات والدول في تناول مسألة الطاقة، ويبدو أن هناك ثلاثة مسالك:

الأول: التوجه إلى الإقلال من معدلات استهلاك مصادر الوقود الحفري (البترول-

الغاز-الفحم)، وهي مسألة تكتنفها المصاعب؛ لأن البديل النووي ما تزال عليه تحفظات لما ينطوي عليه من مخاطر.

والبديل الثاني: وهو الطاقة المتجددة من الشمس والرياح وباطن الأرض وأمواج البحر، وغير ذلك، ما تزال تنتظر فتوحا علمية وتكنولوجية تجعل منها البديل العلمي الثاني لإدخال تكنولوجيات تمتص الغازات ذات الأثر الصوبي من مخرجات الصناعة، والتخلص منها في غير الهواء الجوي.

نشير هنا إلى دراسة أمريكية عن تكلفة إزالة ٩٠٪ من ثاني أكسيد الكربون الخارج من محطة للقوى، خلصت إلى أن ذلك:

١- يضاعف التكاليف الرأسمالية للمحطة.

٢- يزيد من تكلفة إنتاج الكهرباء إلى ١،٥-٢ ضعف.

٣- يستهلك ١٠-٢٠٪ من ناتج كهرباء المحطة لإدارة عمليات التخلص من ثاني أكسيد الكربون.

الثالث: قبول حتمية التغيرات المناخية المتوقعة، والتعايش معها وما تقضيه من تبديل في المحاصيل وفي الدورة الزراعية، وفي حماية المناطق الساحلية وغير ذلك.

لعلنا نذكر في هذا الصدد أن زيادة ثاني أكسيد الكربون في الهواء الجوي ترجع إلى زيادة استهلاك الوقود الحفري كمصدر للطاقة، وإلى ما تتعرض له الغابات من تقطيع جائر يصل معدله السنوي في الغابات الاستوائية: ١٩ مليون فدان يضاف إليها ٩،٥ مليون فدان من غابات المناطق الحارة وأحراشها (الجملة: ٢٨،٥مليون فدان) وتبلغ جهود استزراع الغابات بالتشجير في العام حوالي ٢،٠٧٥مليون فدان . ولو زادت الجهود في هذا المجال بالتوسع في مشروعات التشجير لكانت هناك محاور تستقبل بعضا من زيادات ثاني أكسيد الكربون، وتضيف إلى ذلك المحافظة على صحة البحار والمحطات، أي حمايتها من التلوث وخاصة التلوث بالزيت، ويحفظ للكائنات البحرية الهائمة (التي تعيش في الطبقات السطحية من المياه) قدرتها على استيعاب كميات كبيرة من ثاني أكسيد الكربون في عمليات البناء الضوئي، ومن ثم تحفظ مكانها كمستقبل رئيسي لهذا الغاز.

• الفدان = ٤٢٠٠م٢ تقريبا.

إن موضوع ثاني أكسيد الكربـون ومجموعـة الغـازات ذات الأثـر الـصوبي- نموذجـا للملوثات ليس لها ضرر مباشر؛ فهي من الغازات التي توجـد في الهـواء الجـوي، ولهـا دور مهم في العمليات الطبيعية في المحيط الحيوي، ولكن زيادتها ذات أثر غير مبـاشر؛ إذ تـؤثر على حرارة الهواء الجوي، ومن ثم تؤثر على المناخ وما يتبع نتيجة ذلك مـن آثـار. نلاحـظ كذلك أن هذه الغازات تخرج من مواقع محلية تزيد في المناطق الصناعية، وتقـل في المنـاطق الريفية، ولكنها في آخر الأمر تصبح ذات طابع عالمي ويكـون أثرهـا عـلى المنـاخ ذا طـابع عالمي- لا فرق بين مناطق أفرزت ومناطق لم تفرز-.

* * *

الفصل الثالث

الأوزون

يتكـون الغـلاف الجـوي مـن النيتروجـين (٧٨٪) والأكـسجين(٢١٪) والأرجـون (٠،٩٪) بالإضافة إلى عدد من الغازات والمكونات الأخرى التي توجد بتركيزات قليلـة. ولا يكاد البناء الأساسي للهواء الجوي يتباين على مدى الارتفاع من سطح الأرض إلى مـا يزيد عن ٥٠ كليو متر. ولكننا نميز طبقات تتباين في بعض المكونات الدقيقـة ذات الأثـر على الصفات الفيزيقية للهواء الجوي، فالطبقة القريبة إلى سـطح الأرض يـتراوح عمقهـا من ١٢ كليو متر (في المنطقة القطبية) إلى ١٥ كليو متر(في المنطقة الاستوائية)، وهي مجـال الحياة وحيز السحب وحركات الرياح والتباين الجغرافي والموسمي للمنـاخ، أي العوامـل المؤثرة على الحياة بشكل مباشر وتسمى طبقة التروبوسفير.

نذكر أن درجات الحـرارة تتنـاقص مـع الارتفـاع في هـذه الطبقـة، وأن في آخـر هـذا الارتفاع نطاق للانقلاب الحراري يفصل بينها وبين الطبقة الثانية (الأستراتوسفير) والتي تمتد ارتفاعا حتى حوالي الستين كيلو متر، ويحد سقفها نطاق للانقلاب الحراري، تتناقص درجات الحرارة من بعده.

تتميز طبقة الأستراتوسفير ٢٠-٥٠ كم من سطح الأرض بوجود قـدر مـن الأوزون (جزيء الأوزون= ٣ ذرات أكسجين). لو أنه تجمع في طبقة نقية لبلـغ سـمكها حـوالي ٣ ملليمتر وجملة وزنه ٣٠٠٠ مليون طن، ولكن وجـوده يجعـل مـن طبقـة الأوزون الـدرع الذي يمنع وصـول الأشـعة ذات الموجـات القـصار التـي تـتراوح أطوالها مـن ٢٠٠ إلى ٢٨٠نانومتر (جزء من المليون من المليمتر) وهي الأشـعة فـوق البنفـسجية ج، ويمـتص كذلك الجزء الأكبر من الموجـات التـي تـتراوح أطوالهـا مـن ٢٨٠-٣٢٠نـانومتر وهـي الأشعة فوق البنفسجية ب، ويمتص بعضا من أشعة الموجات التـي تـتراوح أطوالهـا مـن ٣٢٠ إلى ٤٠٠ نانومتر وهي الأشعة فوق البنفسجية أ.

الأشعة فوق البنفسجية (ج و ب) ذات آثار مدمرة على الحياة، ولولا هذا الدرع الذي يحوي الأوزون لما كانت الحياة في صورتها الحالية على سطح الأرض، ولو تعرضت طبقات الأستراتوسفير، إلى ما ينقص محتوى الأوزون فيها لتعرضت الحياة إلى الضرر، وتعرض الإنسان إلى مخاطر صحية.

لوجود الأوزون في طبقة الأستراتوسفير دور في تنظيم المناخ أي الصفات الفيزيقية وخاصة الانتظامات الحرارية في طبقة التروبوسفير، فالأوزون بامتصاصه للأشعة فوق البنفسجية إنما يمتص طاقة وحرارة تشيع في الأستراتوسفير، وتحدث الانقلاب الحراري الذي أشرنا إليه، ولو تعرضت طبقات الأستراتوسفير إلى ما ينقص محتوى الأوزون لاختل التدرج الحراري وتأثرت حرارة طبقة التروبوسفير وأحدثت تغيرات مناخية.

ونظرًا لأهمية الدور الذي يؤديه الأوزون في التوازن الطبيعي للكرة الأرضية وهوائها الجوي- فإن المشتغلين بالبيئة شغلوا بقضاياه. يتكون الأوزون(أ٣) نتيجة انشقاق جزيء الأكجسين(أ٢) إلى ذرتين بفعل الأشعة ذات الأطوال القصيرة (فوق البنفسجية) ثم تلتحم ذرة أكسجين مع جزيء أكسجين مكونة جزيء أوزون، ويعتمد تكون الأوزون على الأشعة الشمسية، وتتباين معدلات تكونه أو تفككه حسب ما يعتري سطح الشمس من تغيرات دورية، ولكن تلك العمليات تحدث توازنا (تعادل ديناميكي) يحافظ على تركيز الأوزون في طبقة الأستراتوسفير.

ويرجع الخطر البيئي إلى تأثير عمليات تفكك الأوزون بوجود بعض المكونات وخاصة مركبات النيتروجين ومركبات الكلور التي تزيد من معدلات التفاعلات الكيميائية الضوئية التي تتحلل بها جزئيات الأوزون إلى جزئيات أكسجين، وقد شاع الظن في خلال السبعينيات بأن السبب يرجع إلى مركبات النيتروجين التي تخرج من عوادم الطائرات الأسرع من الصوت، والتي تطير على ارتفاعات تبلغ ٢٠كيلو متر، أو أكثر، أي في الطبقات الأولى من الأستراتوسفير، ولكن دراسة هذا الأمر كانت بالغة الصعوبة واعتمدت على دراسات نظرية لم يتيسر لها التحقق والقياس.

ثم ظهر بأن مجموعة مركبات الكلوروفلورو كربون والمعروفة صناعيًا باسم الفريون، تستخدم في الأيروسولات وصناعة التبريد وصناعة المطاط المسامي الصناعي وغيرها

وأهم هذه المركبات هي الفريون ١١ والفريون ١٢، ويمتد عمر وجود هذه المركبات في الهواء الجوي إلى ٧٥ -١١٠ سنة، وهي مدة تسمح لها بالانتشار ارتفاعا إلى طبقات الأستراتوسفير، وهذه المركبات قادرة على التفاعل مع الأوزون وتفكيك جزيئاته إلى جزيئات الأكسجين.

أظهرت أرصاد الأوزوت في الأستراتوسفير فوق منطقة قارة القطب الجنوبي نقصا بالغا في الأوزون في الربيع الجنوبي (سبتمبر- أكتوبر)، وقد فوجئت الأوساط العلمية المعنية عام ١٩٨٥ بنشر نتائج هذه الأرصاد، والتحقق منها بالرجوع إلى مخزونات الأرصاد، وبالمزيد من القياسات التي استخدمت فيها الأقمار الصناعية وطائرات خاصة، قادرة على الارتفاع إلى طبقات الأوزون، وغير ذلك من معدات الأرصاد العلمية، وقد أثير هذا التخلخل على أنه فجوة أو ثقب في درع الأوزون، ولكنه تخلخل فصلي يلتئم في الشهور التالية ليعود في شهور الربيع الجنوبي، وتشير القياسات إلى أن تخلخل تركيز الأوزون بقدر يعادل ٤٠٪، ولكن مما زاد أسباب القلق هو أن التخلخل تزايد؛ ففي شهر أكتوبر ١٩٧٩ بلغ الأوزون ٢٦٠ وحدة دبسون، وفي شهر أكتوبر ١٩٨٥ بلغ تركيز الأوزون أدناه وهو ١٥٠ وحدة دبسون، والمعدل الطبيعي هو ٣٠٠-٣٥٠ وحدة دبسون.

وأثارت هذه القياسات اهتمام العالم جميعا نظرا لما تمثله من خطر على الحياة وعلى المناخ في العالم جميعا، وأسرعت الدول إلى توقيع اتفاقية في مونتريال(كندا) في شهر سبتمبر ١٩٨٧ تتعاهد فيها بإنقاص إنتاج مركبات الفريون واستخداماتها الصناعية وإحلال مواد بديلة في العمليات الصناعية التي يدخل فيها الفريون.

ملاحظة عامة:

في المثالين اللذين تناولهما الحديث نماذج لقضايا التلوث الذي ينشأ نشأة موضعية، في محطات القوى والمراكز الصناعية في البلاد المختلفة، من مخرجات وسائل النقل التي تسعى في الطرقات، من مخرجات الأيروسولات التي نستعملها مع العطور ومع مبيدات الآفات وفي صناعات متعددة، إلى غير ذلك من مواقع النشاط الإنساني، ثم ما تزال تلك المخرجات المتباعدة المصادر تتجمع في الهواء الجوي يوما بعد يوم وحولًا بعد حول، وما تزال تشيع في طبقاته وعلى مدى اتساعه طولا وعرضا؛ حتى تصبح جزءا من الغلاف

الجوي في طبقاته جميعا، ومن ثم يتحول التلوث ذو المصادر المحلية الموضعية إلى تلوث عالمي يؤثر على النظم الطبيعية وعلى اتزانها، ومن ثم يؤثر على المناخ في الكرة الأرضية جميعا، أو يهدد بعضا من مكوناته المؤثرة على هذا الاتزان على نحو ما ذكرنا بشأن طبقة الأوزون.

لعل هذه القضايا العديدة، التي تناولنا مثالين لها، تدلنا على وحدة الأرض التي تعيش عليها دول العالم جميعا، وتدفعنا إلى المزيد من التعاون الدولي والتعاضد بين الأمم لدرء ما يتهدد الإنسان من مخاطر التدهور أو التلوث البيئي.

* * *

المراجع References

أولا: المراجع العربية

١- أحمد إبراهيم نجيب (١٩٧١): مشكلة الكثبان الرملية في الدنمارك وألمانيا الغربية، الكتاب السنوي للجمعية النباتية المصرية، القاهرة.

٢- أحمد محمد مجاهد وآخرون (١٩٩٠): علم البيئة النباتية، مكتبة الأنجلو المصرية.

٣- تقرير (١٩٩٣): مخاطر البسيول في مصر، أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا (مشروع إدارة ومواجهة الكوارث)، القاهرة.

٤- تقرير(١٩٩٤): تصحر الأراضي الزراعية في مصر، أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا، (مشروع إدارة ومواجهة الكوارث)، القاهرة.

٥- جون ويفر وفردريك كليمنتس(١٩٦٢): علم البيئة النباتية، مترجم من اللغة الإنجليزية بواسطة دكتور أحمد محمد مجاهد وآخرين، مكتبة الأنجلو المصرية، القاهرة.

٦- كمال الدين حسين البتانوني (١٩٨٨): الصحاري بالعالم العربي، مقال غير منشور.

٧- محمد عبد الفتاح القصاص(١٩٦١): من أخلاقيات العلم، مقال غير منشور.

٨- محمد عبد الفتاح القصاص (١٩٩١): النظام البيئي، مقال غير منشور.

٩- محمد عبد الفتاح القصاص(١٩٩٠): تلوث البيئة، مقال غير منشور.

١٠- محمود عبد القوي زهران(١٩٨٥): النباتات البرية ثروة طبيعية متجددة بالعالم العربي، مقال غير منشور.

١١- محمود عبد القوي زهران (١٩٨٧): النباتات الملحية ودورها في تنمية البيئة، مقال غير منشور.

١٢- محمود منير (١٩٨٣): الكثبان الرملية في مصر، أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا، مجلس بحوث البيئة، القاهرة.

١٣- نشرة المجالس النوعية (١٩٩٤): التصحر، أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا، القاهرة، عدد خاص.

ثانيا: المراجع الأجنبية

1- Adams, R., Adams, Marina, Willens, A. and Willens, Ann(1978) **Dry Lands: Man and Plants**. Intern. Publ. Athens.Repr. Greece.

2- Ashby, M.(1965): **Introduction to Plant Ecology Macmillan,** London.

3- Chapman, V.J.(1974)-**Salt Marshes and Salt Deserts of the World** 2nded.,-Hill,London.

4- Daubenmire, R.F(1974),**Plants and Environment.** Wiley int.edit.N.y.

5- Kassas, M.(1952):**Habitat and plant Communities of the Egyptian Desert**-I.Introduction J.Ecol.

6- Kassas, M.(1966): plant Life in Desert. In; **Arid Lands-A Geographical Appraisal**- UNESCO, Paris.

7- Kassas, M. and Imam, M.(1954): **Habitats and plant commumities of the Egyptian Desert- III. The Wadi Bed Ecosystem**-J.Ecol.

8- Kassas, M. and Imam, M.(1959): **Habitats and Plant Communities of the Egyptian Desert- IV. The Gravel Desert** J.Ecol.

9- Oosting, H.J. (1956): **The Study of Plant Communities**: An introduction to plant Ecology.W.H.Freeman and Co. san Francisco.

10- Tivy. I.J(1979): **Biogeography**. Oliver and Boyd, Edinburgh.

11- Zahran. M.A.(1983): **Introduction to Plant Ecology and Vegetation Saudi Arabia.**

12- Zahran. M.A.(1989): **Principles of plant Ecology and Flora of Egypt**. Pubblishing House For Egyptian Universities El-Wafaalibrary, Cairo.

13- Zahran.M.A. and Willis, A.J.(1992):**The Vegetation of Egypt**-Chapman and Hall. London.

14- Walter, H. (1961): The adaptation of plants of saline Soils., In: **Salinity Problems In the Arid Zone**- Proc. Teheran Symp. UNESCO, Paris. Arid Zone Res.

* * *

محتويات الكتاب

الموضوع الصفحة

الموضوع الصفحة

الموضوع	الصفحة

هذا الكتاب

يقدم المؤلف في الجزء الأول منه دراسة لعلم البيئة النباتية التطبيقية ، حيث ستعرض مجاميع النباتات البرية تبعًا لاحتياجاتها المائية والبيئات المناسبة لنموها وتكاثرها ، وعلاقة ذلك بالمناخ السائد في صحارينا العربية، وهو المناخ الجاف .

وهذه المعلومات تمثل الأساس العلمي السليم الذي سيبنى عليه الجزء الثاني من الكتاب ، الذي سيتضمن دراسة كيفية استغلال النباتات التي تستطيع النمو تحت عوامل متطرفة ، وسيقدم أمثلة لبعض النباتات التي نجحت تجارب استزراعها تحت عوامل المناخ الجاف والملوحة ، ومن ثم يمكن اقتراح إدخال زراعتها في الصحاري العربية الساحلية والداخلية (كمحاصيل غير تقليدية) ، وبهذا سيتحقق الدور المهم الذي يمكن أن يلعبه علم البيئة النباتية التطبيقية في تنمية البيئة الصحراوية بالعالم العربي .

ويقدم الكتاب في الجزء الثالث نبذة مختصرة عن تلوث البيئة ، وهو الموضوع الحيوي الذي يشغل بال العلماء والسياسيين في جميع أنحاء العالم ؛ بعد أن أصبحت مشكلة تلوث البيئة بعناصرها الثلاث - (الهواء - الماء - التربة) - الشغل الشاغل لعدد كبير من الدول ؛ حيث يقاس مدى تقدم الدولة بمدى حرصها على أن تكون بيئاتها نظيفة خالية من التلوث بأنواعه الثلاث : الفيزيقي ، والكيميائي ، والبيولوجي .

الناشر

دار النشر للجامعات

الإدارة: ٤٢ ش رشدي (برج جوهر) - تليفاكس: ٢٣٩٢٩٨٧٨
المكتبة والتسويق: ١٤ أ ش الجمهورية - عابدين - ت: ٢٣٩١٢٤٢٠
ص.ب (١٣٠ محمد فريد) القاهرة ١١٥١٨
E-mail:darannshr@yahoo.com - web: www.darannshr.com

